



**MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DE SUSTRATO PARA EL CONTROL DE
DAMPING-OFF EN SEMILLERO DE TECA (*Tectona grandis* Linn F.), BAJO
INVERNADERO EN LA EMPRESA SERAGROFOREST, PROVINCIA SANTO
DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.**

AGUIRRE BUENAÑO NORMA MARITSA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL
TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**RIOBAMBA-ECUADOR
2013**

EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA, que el trabajo de investigación titulado **MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DE SUSTRATO PARA EL CONTROL DE DAMPING-OFFEN SEMILLERO DE TECA (*Tectona grandis* Linn F.), BAJO INVERNADERO EN LA EMPRESA SERAGROFOREST, PROVINCIA SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS** de responsabilidad de la Srta. Egresada Norma Maritsa Aguirre Buenaño, ha sido prolijamente revisada quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Norma Erazo Sandoval

DIRECTORA

Ing. Franklin Arcos

MIEMBRO

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

Riobamba, 21 de noviembre del 2013

DEDICATORIA

Con todo mi amor a mi padres Julio Aguirre y Norma Buenaño a quienes admiro y agradezco el apoyo y confianza que depositaron en mí haciendo posible la culminación de mi educación superior.

AGRADECIMIENTO

A DIOS, por darme vida y todas sus bondades, por estar junto a mí cada instante y cuidarme con su amor divino, ¡Gracias por darme siempre una segunda oportunidad!

A mis padres Julio Aguirre y Norma Buenaño, por su sacrificio, consejos y amor, ejemplos de trabajo, esfuerzo, moral e inteligencia. Gracias, mil gracias a estos 2 seres que con ejemplo me han enseñado valores y demostrado que el amor de padres es el más noble y desinteresado de los amores.

A mis hermanos Tania, Evelyn, Junior y Alexander por su ayuda, por ser mi compañía y los amigos con los que siempre podré contar.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), por prestarme sus aulas y maestros que durante 6 años me guiaron, instruyeron y transmitieron sus conocimientos.

A mi tribunal de tesis Ing. Norma Erazo e Ing. Franklin Arcos por su dirigencia y asesoría en la elaboración de la presente tesis.

A la empresa SERAGROFOREST S.A por la apertura brindada para realizar la presente tesis.

Mil Gracias!!!

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO		PÁGINA
	LISTA DE CUADROS	i
	LISTA DE GRÁFICOS	iv
	LISTA DE FIGURAS	v
	LISTA DE ANEXOS	vi
I.	TÍTULO	1
II.	INTRODUCCIÓN	1
A.	JUSTIFICACIÓN	2
B.	OBJETIVOS	3
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	38
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
VI.	CONCLUSIONES	98
VII.	RECOMENDACIONES	99
VIII.	RESUMEN	101
IX.	SUMMARY	102
X.	BIBLIOGRAFÍA	103
XI.	ANEXOS	106

LISTA DE CUADROS

Nº	CONTENIDO	Página
1	Propiedades fisicoquímicas de la cascarilla de arroz cruda	7
2	Análisis químico total de la cascarilla de arroz cruda	7
3	Hongos fitopatógenos controlados por <i>Trichoderma spp.</i> , en especies forestales	11
4	Especies forestales afectadas por hongos del complejo Damping-off	15
5	Tratamientos utilizados para aumentar el porcentaje y uniformizar la germinación	26
6	Información de la semilla de <i>Tectona grandis</i> certificada, tecnología CATIE	40
7	Tratamientos en estudio (tratamientos para la desinfección del sustrato)	41
8	Esquema del análisis de varianza (ADEVA)	43
9	Calidad de plantas y sus categorías	45
10	Especificaciones de las bandejas germinadoras	46
11	Especificaciones de fertilizantes usados	57
12	Resultados del análisis químico del sustrato tierra amarilla 60% + cascarilla de arroz 40%	58
13	Análisis de varianza para el número de plántulas de teca emergidas a los 8 días	61
14	Prueba de Tukey al 5% para el número de plántulas de teca emergidas a los 8 días	62
15	Análisis de varianza para el número de plántulas de teca emergidas a los 15 días	63
16	Prueba de Tukey al 5% para el número de plántulas de teca emergidas a los 15 días	64

17	Análisis de varianza para el número de plántulas de teca emergidas a los 21 días	66
18	Análisis de varianza para el número de plántulas de teca emergidas a los 30 días	66
19	Resumen de los cuadrados medios para la variable número de plántulas emergidas	66
20	Resumen de medias para la variable número de plántulas emergidas	67
21	Análisis de varianza para el porcentaje de incidencia de Damping-off a los 15 días.	69
22	Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de incidencia de Damping-off a los 15 días.	70
23	Análisis de varianza para el porcentaje de incidencia de Damping-off a los 21 días.	71
24	Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de incidencia de Damping-off a los 21 días.	72
25	Resumen de los cuadrados medios para la variable porcentaje de incidencia de Damping-off.	73
26	Resumen de medias para la variable porcentaje de incidencia de Damping-off.	73
27	Análisis de varianza para la altura de plantas de teca a los 30 días.	76
28	Prueba de Tukey al 5% para la altura de plantas de teca a los 30 días.	76
29	Análisis de varianza para la altura de plantas de teca a los 60 días.	77
30	Prueba de Tukey al 5% para la altura de plantas de teca a los 60 días.	78
31	Análisis de varianza para la altura de plantas de teca a los 90 días.	79
32	Prueba de Tukey al 5% para la altura de plantas de teca a los 90 días.	79
33	Análisis de varianza para el diámetro de plantas de teca a los 60 días.	80
34	Análisis de varianza para el diámetro de plantas de teca a los 90 días.	81
35	Resumen de los cuadrados medios para las variables altura y diámetro de plantas de teca	81

36	Resumen de las medias para las variables altura y diámetro de plantas de teca	82
37	Análisis de varianza para el número de hojas a los 30 días	87
38	Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas a los 30 días	88
39	Análisis de varianza para el número de hojas a los 60 días	89
40	Análisis de varianza para el número de hojas a los 90 días	89
41	Análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 30 días	90
42	Prueba de Tukey al 5% para la variable porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 30 días	90
43	Análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 60 días	91
44	Prueba de Tukey al 5% para la variable porcentaje de plantas de calidad “1 y 2” a los 60 días	92
45	Análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 90 días	93
46	Prueba de Tukey al 5% para la variable porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 90 días	94
47	Resumen de los cuadrados medios para las variables número de hojas y porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2).	95
48	Resumen de medias para las variables número de hojas y porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2).	95
49	Tabla para la interpretación de la calidad de plantas	96

LISTA DE GRÁFICOS

Nº	CONTENIDO	Página
1	Número de plántulas de teca emergidas a los 8 días	63
2	Número de plántulas de teca emergidas a los 15 días	65
3	Curva de emergencia de plántulas de <i>Tectona grandis</i>	68
4	Porcentaje de incidencia de Damping-off a los 15 días en plantas de teca	70
5	Porcentaje de incidencia de Damping-off a los 21 días en plantas de teca	72
6	Altura de plantas de teca a los 30 días	77
7	Altura de plantas de teca a los 60 días	78
8	Altura de plantas de teca a los 90 días	80
9	Número de hojas en plantas de teca a los 30 días	88
10	Porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2).a los 30 días	91
11	Porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 60 días	92
12	Porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 90 días	94

LISTA DE FIGURAS

Nº	CONTENIDO	Página
1	Árbol, flores y frutos de <i>Tectona grandis</i> Linn F.	20
2	Frutos escarificados y semilla dentro del nicho leñoso en el fruto de teca	20
3	Germinación epigea de la judía (<i>Phaseolus vulgaris</i>).	33
4	Localización geográfica de la hacienda “La Palma”, Santo Domingo de los Tsáchilas-Ecuador	38
5	Invernadero de germinación y crecimiento inicial de teca.	43
6	Lavado de bandejas germinadoras	46
7	Componentes del sustrato: tierra amarilla y cascarilla de arroz retostada	47
8	Sustrato: tierra amarilla (60%) + cascarilla de arroz retostada (40%)	47
9	Proceso para la desinfección del sustrato: Solarización (T1), Solarización & <i>Trichoderma harzianum</i> (T2)	48
10	Proceso para la desinfección del sustrato: Terraclor (T3), Terraclor & <i>Trichoderma harzianum</i> (T4)	49
11	Proceso para la desinfección del sustrato: Retostado (T5), Retostado & <i>Trichoderma harzianum</i> (T6)	50
12	Proceso para la desinfección del sustrato: <i>Trichoderma harzianum</i> (T7)	51
13	Distribución de tratamientos según el método de desinfección del sustrato	52
14	Tratamiento pre-germinativo para semillas de teca	53
15	Desinfección de frutos de teca	54
16	Siembra de frutos de teca	54
17	Raleo de plántulas de teca	55
18	Riego de plántulas de teca	56

LISTA DE ANEXOS

Nº	CONTENIDO	Página
1	Número de plántulas emergidas a los 8 días	106
2	Número de plántulas emergidas a los 15 días	106
3	Número de plántulas emergidas a los 21 días	107
4	Número de plántulas emergidas a los 30 días	107
5	Porcentaje de incidencia de Damping-off a los 15 días	108
6	Porcentaje de incidencia de Damping-off a los 30 días	108
7	Altura de plantas a los 30 días (cm)	109
8	Altura de plantas a los 60 días (cm)	109
9	Altura de plantas a los 90 días (cm)	110
10	Diámetro de plantas a los 60 días (mm)	110
11	Diámetro de plantas a los 90 días (mm)	111
12	Número de hojas a los 30 días	111
13	Número de hojas a los 60 días	112
14	Número de hojas a los 90 días	112
15	Porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 30 días	113
16	Porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 30 días	113
17	Porcentaje de plantas de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 30 días	114
18	Tabla para la interpretación de los valores de nitrógeno total, clasificación según el método semi-micro Kjeldahl	114
19	Tabla para la interpretación de los valores de Ph	115
20	Tabla para la interpretación de los valores de materia orgánica oxidable, clasificación según el método Walkey-Black	115

21	Tabla para la interpretación de los valores de potasio (K) asimilable.	116
22	Tabla para la interpretación de los valores de fósforo (P) asimilable, clasificación según el método Olsem	116
23	Tabla para la interpretación de los valores de calcio (Ca) asimilable, clasificación según el método Olsem	117
24	Tabla para la interpretación de los valores de magnesio (Mg) asimilable, clasificación según el método Olsem	117
25	Tabla para la interpretación de los valores de la conductividad eléctrica (CE)	117
26	Disminución de la cantidad de nutrientes según el pH	118
27	Análisis químico del sustrato tierra amarilla + cascarilla de arroz 40%	118
28	Temperatura y humedad relativa en el invernadero	120

I. MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DE SUSTRATO PARA EL CONTROL DE DAMPING-OFF EN SEMILLERO DE TECA (*Tectona grandis* Linn F.), BAJO INVERNADERO EN LA EMPRESA SERAGROFOREST, PROVINCIA SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.

II. INTRODUCCIÓN

Tectona grandis Linn F., es una especie de alto interés comercial y ecológico por el rápido crecimiento y la calidad de su madera. El trasplante de plántulas producidas en invernadero ha probado su eficiencia al disminuir los costos de producción, la sanidad con que estas plántulas se produzcan, es de vital importancia para un buen desarrollo en el lugar de plantación definitiva.

Ventajas de cultivar en invernadero son: controlar con precisión el suministro de insumos de acuerdo al desarrollo fenológico, manejar las condiciones de temperatura, ventilación, humedad, luminosidad, bióxido de carbono, control de organismos nocivos, etc. El resultado final se traduce en una mejor productividad, mayor rendimiento y calidad al menor costo posible. Sin embargo, así como los invernaderos propician condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos también aportan las condiciones ideales para la proliferación de enfermedades.

Los mayores problemas de supervivencia que sufre la planta forestal se presenta durante los primeros años de su existencia y particularmente en el periodo en que se encuentra en el vivero o invernadero y en los meses posteriores a su plantación en los terrenos a repoblar. El mayor responsable de la falta de salud de las plántulas en las instalaciones de producción son las micosis que dan lugar a infecciones que son más conocidas como complejo Damping-off o mal de talluelo que es una enfermedad ocasionada por un complejo de hongos del suelo donde se encuentra *Phytophthora spp.*, *Pythium spp.*, *Rhizoctonia spp.* y *Fusarium spp.*, estos

patógenos, son habitantes naturales del suelo, dañan la semilla o matan las plantas antes de que germinen. También atacan las plantas en su primera etapa de desarrollo; las afecta cuando el tallo aún no ha lignificado o sea que todavía no tiene corteza dura ni tallo verdadero.

Cuando se desinfectan suelos y sustratos de bancales en viveros forestales se pretende lograr el control de las poblaciones de microorganismos patógenos que habitan en ellos y que pueden afectar al buen desarrollo de las plantas mermando sus rendimientos. Las técnicas de desinfección de suelos se pueden clasificar como químicas o no químicas existiendo la posibilidad de combinarlas con la finalidad de aprovechar y mejorar al máximo los efectos beneficiosos que estas ofrecen y, en algunas ocasiones, la combinación de técnicas químicas con otros métodos de control garantiza un buen resultado. Entre las técnicas empleadas, la desinfección con fumigantes químicos y el uso de calor tanto seco como húmedo, incluyendo el aprovechamiento de la radiación solar o las desinfecciones con vapor de agua, son las prácticas de control más difundidas. No obstante, lo más frecuente es recurrir al uso de productos químicos debido, principalmente, a su sencillez de aplicación.

A. JUSTIFICACIÓN

SERAGROFROREST S. A, empresa dedicada al establecimiento y manejo de plantaciones forestales, pretende producir plántulas de teca; en ensayos anteriores bajo invernadero se presentó un porcentaje alto de pérdida de plántulas emergidas (40%) por ataque del complejo Damping-off, lo que representó un costo mayor por plántula esto fue 50 centavos de dólar, producción que no resultó rentable pues viveros de la zona venden las plántulas de teca a la empresa a un costo de 20 centavos de dólar. La pérdida de producción durante el año 2010 en el invernadero de la empresa fue el desencadenante de la presente investigación.

La complejidad de la enfermedad y los diferentes agentes que pueden desencadenarla ha hecho necesario revisar los procesos de producción de las plántulas de teca, atribuyendo la presencia de la enfermedad principalmente a una inadecuada desinfección del sustrato para

reducir o eliminar los hongos causantes del Damping-off, en la presente investigación se evaluaron diferentes métodos para la desinfección del sustrato tierra amarilla + cascarilla de arroz para reducir la incidencia de la enfermedad en la fase de germinación, emergencia y crecimiento inicial en invernadero.

Al encontrarse un tratamiento que reduzca el porcentaje de incidencia del Damping-off, se hará eficiente el proceso de producción de plántulas de teca. Esto beneficia a la empresa que pretende producir las plántulas y no comprarlas a terceros.

B. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Evaluar métodos de desinfección de sustrato para el control de Damping-off en semillero de Teca (*Tectona grandis* Linn F.), bajo invernadero en la empresa SERAGROFOREST, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas.

2. Objetivos específicos

a. Determinar el tratamiento con mayor eficacia en la desinfección del sustrato para el control del complejo Damping-off en semillero de Teca (*Tectona grandis* Linn F.), bajo invernadero.

b. Evaluar el crecimiento de plantas de Teca (*Tectona grandis* Linn F.) bajo invernadero.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

A. SUSTRATO

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (www.infoagro.com).

1. Características del sustrato ideal

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc. Según www.infoagro.com para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características del medio de cultivo:

a. Propiedades físicas

Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible, suficiente suministro de aire, distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores, baja densidad aparente, elevada porosidad, estructura estable, que impida la contracción (o hinchazón del medio) (www.infoagro.com).

b. Propiedades químicas

Baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente; suficiente nivel de

nutrientes asimilables, baja salinidad, elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH, mínima velocidad de descomposición(www.infoagro.com).

c. Otras propiedades

Libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas; reproductividad y disponibilidad, bajo coste, fácil de mezclar, fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección, resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales (www.infoagro.com).

2. Tipos de sustratos

Según www.infoagro.com existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, etc.

a. Según sus propiedades

- 1) Sustratos químicamente inertes.-** Arena granítica o silíceo, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
- 2) Sustratos químicamente activos.-** Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.

b. Según el origen de los materiales

1) Materiales orgánicos

- i) De origen natural (turberas). ii) De síntesis (espuma de poliuretano, poliestireno expandido), subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas (cascarillas

de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, serrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.)

2) Materiales inorgánicos o minerales.

i) De origen natural (arena, grava, tierra volcánica, etc.). ii) Transformados o tratados (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.). iii) Residuos y subproductos industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, etc.)

4. Cascarilla de arroz

Este material es un subproducto de la industria molinera, que se produce ampliamente en las zonas arroceras y que ofrece buenas propiedades para ser usado como sustrato.

a. Propiedades fisicoquímicas

Es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, dado su alto contenido de sílice. Es liviano y su principal costo es el transporte, dado que para los molineros es un desecho. Se presenta como material liviano, de buen drenaje, buena aireación, pero presenta una baja retención de humedad inicial y es difícil conservar la humedad homogéneamente cuando se usa como sustrato único en camas o bancadas. A medida que envejece va aumentando su capacidad de retención de humedad. Se comporta bien como sustrato en los sistemas que utilizan canaletas.

Tiene una buena inercia química inicial, aunque con el paso de los años, dos o más, se va descomponiendo. Puede tener problemas con los residuos de cosecha, como granos de arroz enteros o en fragmentos, a la vez que pueden encontrarse semillas de otras plantas, que pueden germinar generando un problema de malezas. A veces estos granos atraen los pájaros los cuales hacen escarbaderas en busca de alimento y retiran el sustrato del recipiente (Calderón, F. 2003).

Cuadro 01. Propiedades fisicoquímicas de la cascarilla de arroz cruda.

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad a granel	gr/ml	0.12-0.13
Capacidad de intercambio Catiónico, CIC meq/100ml	meq/100 ml	2-3
Retención de humedad a Capacidad de Campo (T= 0 cm)	lt/lt	0.10 - 0.12
Retención de humedad (a T = 10 cm)	lt/lt	0.08 - 0.10
Retención de humedad (a T = 50 cm)	lt/lt	0.06 - 0.08
Retención de humedad (a T = 100 cm)	lt/lt	0.04 - 0.06

Fuente: Calderón, F. 2003.

Cuadro 02. Análisis químico total de la cascarilla de arroz cruda.

Nutriente	Unidad	Valor
Nitrógeno	%	0.50-0.60
Fósforo	%	0.08-0.10
Potasio	%	0.20-0.40
Calcio	%	0.10-0.15
Magnesio	%	0.10-0.12
Azufre	%	0.12-0.14
Hierro	Ppm	200-400
Manganeso	Ppm	200-800
Cobre	Ppm	3-5
Zinc	Ppm	15-30
Boro	Ppm	4-10
Cenizas	%	12-13
Sílice (SiO ₂)	%	10-12

Fuente: Calderón, F. 2003.

b. Cascarilla de arroz quemada

Para tratar de mejorar las propiedades físico-químicas de la cascarilla de arroz se ha recurrido desde hace unos años a la quema parcial o tostión de la misma. Esta es la alternativa más

usada en la actualidad. Con este fin, se coloca la cascarilla en montones y se le enciende fuego por un costado. Simultáneamente se va revolviendo con cascarilla cruda hasta obtener el grado de quemado deseado. Luego se apaga por medio de un chorro de agua. Usualmente la intensidad del quemado que se pretende varía entre un 50 % y un 100 % según el grado de carbonización. No se debe dejar llegar nunca hasta cenizas. Esta práctica aumenta la retención de agua fácilmente disponible, según el grado de quemado, pudiendo llegar a valores muy elevados (Calderón, F. 2003).

B. DESINFECCIÓN DE SUSTRATOS

La desinfección de suelos y sustratos puede lograrse mediante la aplicación de diferentes técnicas debiendo realizar la elección de los métodos de desinfección de acuerdo con las condiciones de cada sistema de cultivo. En función a su actividad, los diferentes tratamientos desinfectantes pueden tener una acción biocida total o resultar biostáticos y tener poca actividad biocida.

1. Desinfección con productos químicos.

Además de por su sencillez de aplicación, la desinfección química de los suelos se caracteriza por su elevada eficacia insecticida, nematicida, fungicida y herbicida. La toxicidad de los productos para tratamientos de suelos es un factor que aconseja limitar su utilización (Cenis, 1991) y como recoge Barres (2006), a la hora de seleccionar este tipo de desinfección conviene conocer el alcance medioambiental de los efectos de su aplicación así como de la evaporación y degradación de los productos químicos, de la formación de metabolitos, de su capacidad de percolación y de su posible traslocación en las plantas.

No hay que olvidar que el fundamento de la desinfección de suelos o sustratos empleando productos químicos está basado en la capacidad que tienen dichos productos de pasar a estado gaseoso en el momento de ser liberados, haciéndose necesario el impedir el escape de dichos

gases al medio ambiente reteniéndolos durante el tiempo necesario para que su acción resulte efectiva. Junto con el bromuro de metilo, entre todos los métodos químicos de desinfección los más utilizados y cuyos efectos adquieren una mayor repercusión tanto en el medio ambiente como en los sistemas de cultivo han sido: la cloropirina (PIC), el 1-3 dicloropropeno y los productos generadores de isotiocianato de metilo entre los que se encuentran el metam-sodio y el dazomet (Zanón, M. 2009).

a. Fungicida Terraclor 75%

Es un fungicida de síntesis orgánica para la desinfección de suelos y semillas. i) Nombre común: pentacloronitrobenzeno (p.c.n.b.) ii) Formulación y concentración: polvo mojable que contiene 750 g de ingrediente activo por kg de producto comercial.

Las aplicaciones del producto a las semillas o al suelo previenen el daño que ocasionan los hongos patógenos, transportados en la misma semilla o que existen en el suelo. En aplicaciones al suelo, debe usarse la dosis adecuada en bandas sobre el surco e incorporar el producto.

1) Mecanismo de acción.- Es un fungicida multi-sitio, siendo la acción principal la de inhibir la división celular de los hongos.

2) Margen de seguridad.- En el laboratorio la persistencia en el suelo de Terraclor tiene como vida media 4.7 a 9.7 meses. En condiciones de campo la persistencia del producto debe ser menor por la acción de la lixiviación y fotodegradación (www.ecuaquimica.com.ec).

2. Alternativas no químicas

a. Agentes de control biológico

El control biológico consiste en el empleo de organismos antagonistas y ha sido ampliamente estudiado durante las últimas décadas como alternativa a la aplicación de los pesticidas para el

control de patógenos (Baker, 1987; Becker y Schwinn, 1993; Deacon y Berry, 1993; Piedra Buena, 2004; Potera, 1994). La eficacia de los agentes de control biológico varía bajo diferentes condiciones de cultivo y su aplicación no ha sido muy satisfactoria en suelos con alta biodiversidad pero su uso se considera de interés para la recuperación de aquellos suelos afectados por el uso intensivo de agroquímicos que tienen baja o nula biodiversidad.

Según Hoitink y Boehm (1999) el control biológico de amplio espectro requiere de la introducción o presencia de fuentes edáficas de nutrientes orgánicos en el suelo para alimento de los agentes de biocontrol. El nivel de descomposición de la materia orgánica afecta de forma crítica a la tasa microbiana, poblaciones y a la actividad de los agentes de biocontrol. Competición, antibiosis, parasitismo y la resistencia inducida se ven todas afectadas. Las enmiendas orgánicas como estiércoles en verde, estiércoles estables y el compost sirven como fuente de nutrientes e incluso puede ofrecer una oportunidad para introducir y establecer en el suelo agentes de biocontrol específicos. La cantidad y calidad de la materia orgánica son críticas para la supervivencia y eficacia de los agentes de biocontrol (Zanón, M. 2009).

1) *Trichoderma harzianum* como agente de biocontrol.

Trichoderma spp., es un hongo anaerobio facultativo, cuyo hábitat natural es el suelo. El 90% de los BCA (Agentes de Control Biológico) más comunes para prevenir enfermedades de las plantas, se encuentra constituido por el género *Trichoderma* (Chet et al., 1997). El potencial de las especies de *Trichoderma* como agente de biocontrol de enfermedades de plantas fue reconocido por primera vez por Weindling en 1930, quien describió la acción micoparasitaria de *Trichoderma* sobre *Rhizoctonia* y *Sclerotinia* (Kubicek, 2006). Las especies más destacadas en el biocontrol son *T. virens*, *T. viride* y *T. harzianum*, siendo este último el hongo antagonista de mayor uso comercial, así como el más investigado para su aplicación en el control biológico (Benítez et al., 2004). Rara vez se ha asociado a *Trichoderma* con enfermedades de plantas, sino que, al contrario, se considera un microorganismo beneficioso para las mismas (Cúndom et al., 2001). Existen numerosas investigaciones en el control de

fitopatógenos por *Trichoderma spp.*, algunas de las enfermedades reportadas en el control biológico son enlistadas en el siguiente cuadro.

Cuadro 03. Hongos fitopatógenos controlados por *Trichoderma spp.*, en especies forestales

Hongo Fitopatógeno	Especie afectada	Referencia
<i>Fusarium oxisporum</i> , <i>Phytophthora cinnamomi</i> , <i>Pythium debarianum</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	Macias, B et al., 2006
<i>Fusarium oxisporum</i>	<i>Pinus patula</i>	Navarro, J.2010
<i>F. oxisporum</i>	<i>Pinus pseudotrobus</i> , <i>Pinus michoacana</i>	Roldán. 2008

Elaborado por: Norma Aguirre

Las patologías de las plantas son ocasionadas por diversos hongos y se agrupan en tres bloques según el lugar donde se produce la infección; y se clasifican de la siguiente forma: las ocasionadas por hongos radicales, las de la parte aérea y las que causan daños deposcosecha; siendo esta, la única en la que no se ha implementado la aplicación del control biológico.

2) Actividad antagonista de *Trichoderma harzianum*

El mecanismo de acción del antagonismo sobre hongos fitopatógenos no es completamente conocido, sin embargo diversos autores han propuesto que la actividad antifúngica de *Trichoderma harzianum* se da por cuatro mecanismos principales:

i) Producción de antibióticos: Los peptaibol esótrichorzianinas son antibióticos que forman canales iónicos en la membrana celular y modifican la permeabilidad (Kubicek et al.,1994, Kubicek et al., 1996). *T. harzianum* produce dos tipos de peptaiboles durante el antagonismo simulado con paredes celulares de *B. cinerea* cuya función es inhibir la germinación de

esporas fúngicas. A su vez, se sabe que existe cierto sinergismo entre las trichorzianinas A1 y B1, quitinasas y β -1,3-glucanasas cuyo orden de acción no se conoce (Kubicek et al., 1994); sin embargo se cree que el sinergismo entre éstos, consiste en facilitar la penetración de los antibióticos hacia la membrana celular; lo que a su vez reduce la capacidad del hospedero a regenerar su pared celular ocasionando finalmente la lisis celular (Kubicek et al., 1996).

ii) Competitividad por nutrientes: El antagonista en presencia de un patógeno, incrementa su velocidad de crecimiento, cubriendo toda la superficie vegetal y evitando el establecimiento del agente infeccioso (Cook y Baker, 1983). *T. harzianum*, es capaz de producir metabolitos (como enzimas líticas y antibióticos), que impiden la germinación de esporas (fungistasis), pueden inhibir a otras células (antibiosis) o modificar la rizósfera para impedir el crecimiento del patógeno (Benitez et al., 2004).

iii) Inducción de la resistencia de plantas: La inducción sistémica de la resistencia ocurre en la mayoría de las plantas en respuesta al ataque por microorganismos patógenos, daño por insectos u otros factores ambientales. Esta respuesta se localiza en el área adyacente al sistema inductor siendo una respuesta no específica. La activación de la defensa de la planta por la presencia de *Trichoderma harzianum* T-203, fue estudiada en semillas de pepino inoculadas con *Trichoderma* T-203, en condiciones asépticas (Yedidia et al., 1999). Se encontró que las plantas tratadas, crecieron más que las no tratadas, así mismo, se observó que las raíces inoculadas con *Trichoderma harzianum* T-203 habían incrementado su tamaño y estimulado el aumento de los niveles de peroxidasa y quitinasa haciendo a la planta más resistente al ataque de fitopatógenos.

iv) Micoparasitismo: Se define como el ataque directo de un hongo sobre otro. Es un proceso complejo de quimiotropismo cuya acción antifúngica específica es desconocida; sin embargo, se ha propuesto una serie de etapas por la que *T. harzianum* lleva el antagonismo, las cuales son: (a) reconocimiento, (b) penetración de la hifa, (c) invasión y secreción de enzimas hidrolíticas (Vázquez-Garcidueñas et al., 1998).

b. Desinfección mediante la solarización

En 1976 nace con propiedad la solarización (solarization=solara radiation = solar heating) para la desinfección de suelos, siendo considerado el padre de esta técnica Joseph Katan, profesor de la Universidad Hebrea de Jerusalén. En términos breves, el método se basa en la colocación de un plástico fino transparente sobre el suelo removido y desnudo que se desea descontaminar, por un espacio de tiempo de 4 y 10 semanas, manteniendo la humedad del suelo en niveles razonables (Velasteguí, 1991; citado por Rivas 2000).

El plástico transparente no almacena el calor como lo hace el plástico negro, sino que transmite el calor al suelo y lo eleva en unos cuantos grados de su temperatura habitual. Esta elevación de la temperatura provoca 3 efectos que han sido verificados por investigaciones, según (Velasteguí, 1991; citado por Rivas 2000):

1) Una tensión (estress) en los agentes patógenos por el diferencial de temperatura producido en el suelo. La viabilidad de cualquier microorganismo se reduce si se aplica calor húmedo a temperaturas superiores a la óptima necesaria para su crecimiento.

2) Se acelera la multiplicación y metabolismo de microorganismos del suelo, ya que el incremento de temperatura producido favorece a la mayoría de ellos. Los patógenos son menos resistentes al calor que muchos saprofitos y agentes antagónicos como *Trichoderma spp.* y *Bacillus subtilis*.

3) Se genera concentraciones más altas de sustancias solubles en agua, tanto de la materia orgánica como de los minerales, por lo que los cultivos que se establecen en dicho suelo crecen con mayor rapidez y vigor.

Según Gómez, 1996; citado por Castro, 2000., entre las ventajas de la solarización se pueden citar: Control de importantes microorganismos patógenos como nematodos, hongos y malezas, no produce residuos tóxicos en el terreno y en las plantas, se provee condiciones óptimas para

el incremento de los organismos benéficos del suelo, mejora las condiciones físicas y de fertilidad así como el movimiento del aire y agua dentro del suelo, reduciendo de esta manera las necesidades de riego.

La combinación de los agentes de control biológico con otras técnicas como las rotaciones de cultivos, la esterilización parcial del suelo mediante solarización, enmiendas orgánicas y uso de fungicidas, se realiza para lograr resultados equivalentes a los fungicidas de síntesis (Barres, 2006; Jacobsen y Backman, 1993; Kloepper, 1998). Por ejemplo, González *et al.* (2004) y Santander *et al.* (2003) investigaron el control de los bioantagonistas *Paenibacillus lentimorbus*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma polysporum* frente a distintos hongos fitopatógenos. Los aplicaron solos y en combinación con solarización y con Bromuro de Metilo, resultando siempre la combinación con solarización la técnica más efectiva.

c. Desinfección mediante el retostado del sustrato

Técnica que consiste en colocar el sustrato seco en un recipiente metálico y someter a la acción del fuego. El sustrato se debe remover continuamente hasta que tome una temperatura de 70-80 ° C. Esto debe hacerse aproximadamente durante 2 a 3 horas (Flores, G. et. Al. 1994).

C. DESCRIPCIÓN DE LA ENFERMEDAD (DAMPING-OFF)

En los viveros se puede presentar el ataque de un complejo de hongos del suelo que produce un daño conocido como “mal de talluelo”, “mal de semillero”, “pudrición de raíces”, “chupadera”, o “Damping off” y que induce síntomas de clorosis, volcamiento de plántulas, estrangulamiento del tallo y pudrición de las raíces. En la mayoría de casos es provocado por hongos como *Rhizoctonia solani*, *Fusarium sp.*, *Pythium sp.*, *Phytophthora sp.*, *Cylindrocladium sp.* o *Botrytis cinérea* (Machín, 1991).

Según (Solano, 2011), el mal de talluelo se clasifica en pre-emergente, post-emergente y tardío. En el pre-emergente los microorganismos dañan la semilla o matan las plantas antes de que germinen, manifestándose por la necrosis del hipocótilo y de los cotiledones. En el post-emergente las plantas son atacadas por los hongos a nivel de superficie o un poco más abajo, generalmente en el suelo, lo que produce estrangulamiento del tallo caída de hojas y muerte de la planta en uno o dos días.

Algunos hongos relacionados con esta enfermedad pueden infectar la plántula semanas después de germinar y atacan el tejido leñoso de las raíces. Las partes aéreas presentan clorosis del follaje o marchitez de la parte superior del tallo, síntomas producto de la pudrición del sistema radicular.

Cuadro 04. Especies forestales afectadas por hongos del complejo Damping-off

Especie	Fitopatógeno	Referencia
<i>Quercus ilex</i>	<i>Phytophthora spp</i>	Sanchez, M., et al. 2004
<i>Cedrela tonduzii</i>	<i>Fusarium spp</i>	Solano, M. 2012
<i>Pinus caribaea</i>	<i>Fusarium spp</i>	Ruiz, O. 2000
<i>Cordia alliodora</i>	<i>Fusarium spp</i>	INAFOR. 2010
<i>Pinus oocarpa, pinus tecunumanii</i>	Damping-off	INAFOR. 2010
<i>Gmelina arborea</i>	Damping-off	INAFOR. 2010
<i>Tectona grandis</i>	Damping-off	INAFOR. 2010
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Damping-off	INAFOR. 2010
<i>Tecoma stans</i>	Damping-off	INAFOR. 2010
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	<i>Rhizoctonia solani, Pythium ultimum, Phytophthora spp, Botrytis spp, Verticillium spp.</i>	Elorza, P., Marun, J. 2004
<i>Pinus montezumae</i>	Damping-off	Nava, S. 1978

Realizado por: Norma Aguirre, 2013

1. Rhizoctonia solani

Este es un hongo ampliamente distribuido en todo el mundo, tanto en suelos cultivados como no cultivados, que pueden actuar como saprofito o ser un patógeno de las plantas. Morfológicamente se caracteriza por presentar un micelio de color pardusco (en medio artificial), filamentoso, ramificado en ángulo recto, con una ligera constricción en los septos cerca del punto de ramificación. No produce esporas en condiciones naturales ni en medio de cultivo, por lo que las características del micelio son básicas para su identificación. Produce esclerocios de 0,2 a 2 mm de diámetro, que constituyen su principal medio de supervivencia.

Durante el desarrollo de la plántula, las hifas rodean los tejidos del hospedero y luego lo penetran; el micelio avanza inter e intracelularmente y mata la planta por anillamiento profundo del talluelo, generalmente cerca del nivel del suelo. La diseminación ocurre por fragmentación del micelio producida por el movimiento de las partículas del suelo (que portan fragmentos de hifa con esclerocios) por efecto de las prácticas culturales, el riego o la lluvia. La sobrevivencia ocurre sobre tejidos en descomposición, en forma de micelio o esclerocios.

El ataque pre-emergente se evidencia por la falla en la emergencia de la plántula. La segunda manifestación de la enfermedad se presenta en post-emergencia, próxima al momento del repique; aparece un anillo en la base del tallo, que posteriormente causa el volcamiento. En estados más desarrollados no hay volcamiento, solo anillamiento del tallo, marchitamiento del follaje y, posteriormente, la muerte de la plántula. El anillamiento se produce cerca de la base del tallo y se puede apreciar a simple vista, sobre todo en las plántulas más desarrolladas, porque la lesión es de color oscuro. La enfermedad se distribuye en focos (Machín, 1991).

2. Fusarium spp.

Es un parásito facultativo que habita normalmente en el suelo. Entre las especies que ejercen su acción patogénica en los viveros, las que se han observado con mayor frecuencia

son: *F. centricosum*, *F. moniliforme*, *F. oxysporum* y *F. solani*. Este hongo se encuentra distribuido por todo el mundo y tiene una amplia gama de hospederos, entre los que se destaca la teca.

El hongo produce un crecimiento algodonoso blanco sobre los tejidos afectados, compuesto por micelio septado, con clamidosporas y una multitud de conidios (macro y microconidios). En los medios de cultivo se observan colonias de color blanco; en algunas, dependiendo de la especie, se produce un pigmento rojizo o morado bajo la colonia. La temperatura óptima para su desarrollo está entre los 25 y los 30 ° C.

Los síntomas de *Fusarium* se diferencian de los de otros patógenos porque, con escasas excepciones, se observa una coloración rojiza en los tejidos dañados o el oscurecimiento de los tejidos internos del tallo, unos pocos centímetros por encima del sitio de la lesión. La sobrevivencia ocurre sobre tejidos en descomposición, en forma de micelio o clamidosporas (Machín, 1991).

3. Pythium spp.

Es un hongo que habita en el suelo y actúa como parásito facultativo. Tiene vida saprofítica y ocasionalmente puede atacar a las plantas, sobre todo durante las primeras semanas del crecimiento, cuando se desarrollan en condiciones de alta humedad. Asociado con *Rhizoctonia* y *Fusarium* produce el “mal del talluelo” y parece ser el agente más importante cuando la enfermedad se produce en pre y post-emergencia.

Produce un micelio blanco y filamentoso sobre el material infectado, muy ramificado y de rápido crecimiento. La infección se efectúa por medio de micelio proveniente de residuos de cosecha, que avanza internamente y produce esporangios, que luego libera en el suelo. Si la temperatura es superior a los 18° C, los esporangios germinan y forman una nueva hifa; si la temperatura está entre los 18 y los 10° C, el esporangio germina, liberando zoosporas que

nadan y se enquistan para, después de cierto tiempo de latencia, germinar y reiniciar el proceso de infección (Machín, 1991).

Al comienzo, el síntoma apenas se percibe por debajo del nivel del suelo, dependiendo de la humedad y de la profundidad de la siembra. El micelio consume el contenido celular y destruye la pared celular, provocando necrosis del área afectada. En las plántulas, la invasión y la muerte ocurren rápidamente. Por el contrario, en plantas más desarrolladas, la lesión crece durante cierto tiempo bajo el nivel del suelo, hasta que logra sobrepasarlo; ahí la lesión es mayor y limita la translocación del agua, por lo que la planta muere, en etapas de mayor madurez, el hongo se limita al punto de infección, ya que las gruesas paredes y la lignificación de los tejidos impiden la formación de una lesión de mayor tamaño (Machín, 1991).

4. *Phytophthora* spp.

Hay varias especies de *Phytophthora* que causan pudrición de raíces. Las plántulas pueden morir en pocos días o en algunas semanas; en las plantas adultas, la pudrición de raíces puede ser lenta o rápida, dependiendo del inóculo y de las condiciones ambientales. El ataque del patógeno destruye el sistema radical completo, lo que se traduce en la muerte más o menos rápida de toda la planta. Las especies más afectadas son los pinos.

El hongo sobrevive en forma de oosporas, clamidosporas o micelio en las raíces infectadas o en el suelo. Las oosporas pueden germinar, en tanto que el micelio produce esporangios que luego germinan e infectan. Al igual que *Pythium*, en temperaturas comprendidas entre los 10 y los 12 ° C, *Phytophthora* libera zoosporas del esporangio que también pueden infectar una vez que hayan germinado. El ataque es más severo en los viveros, donde se mantiene alta humedad y temperaturas de entre 15 y 23 ° C (Machín, 1991).

D. TECA (*Tectona grandis* Linn F)

1. Descripción taxonómica

El nombre común con que se conoce en los países donde ha sido introducida esta especie es Teca o Teak, pero en la india se le conoce con los nombres de Sagún, Sagon, Saguan, Akhu, toca, Slip tru e Indian oak. Su nombre común se deriva de su nombre botánico: *Tectona grandis* Linneo F. (Cháves, E; Fonseca, W. 1991).

División: Magnoliophyta; clase: Magnoliopsida; orden: Lamiales; familia: Verbenaceae; género: Tectona; especie: *Tectona grandis* Linn F.(Estrada, H. 2008)

2. Descripción botánica

Árbol que alcanza alturas mayores a 30 m de altura y 80 cm de DAP. El tronco es recto, con tendencia a bifurcarse o ramificarse en exceso si crece aislado, de corteza externa castaño claro, escamosa y agrietada; corteza interna blanquecina. La copa es angosta cuando joven, y medianamente amplia cuando adulta. Hojas simples, opuestas, ovales, grandes, verde oscuro y ásperas en el haz, blanquecinas y tomentosas en el envés, deciduas. Flores blanquecinas, pequeñas, agrupadas en grandes panículas terminales erectas. El fruto es una drupa café cuadrilobulada con una semilla pequeña, oleaginosa bastante dura.



Figura 01.Árbol, flores y frutos de *Tectona grandis* Linn F.



Figura 02. Frutos escarificados y semilla dentro del nicho leñoso en el fruto de *Teca*.

3. Ecología y distribución de la especie

La teca se encuentra en estado natural en la India, Birmania, Tailandia, Indochina y Malasia. En Ecuador se la encuentra en la costa. La especie fue introducida en Ecuador como aventura comercial a fines de 1960 y durante la década de 1970, porque se creía que la ubicación del país en la línea ecuatorial, la lluvia y la temperatura producidas por la confluencia de la corriente cálida de El Niño y la corriente fría de Humboldt, proporcionaba condiciones ideales

para la siembra. La visión fue confirmada en las décadas de 1980 y 1990 con la cosecha de los primeros árboles maduros.

4. Características edafoclimáticas

a. Requerimientos climáticos

Altitud: 0- 800 msnm; precipitación: 1.000 – 2.200mm, temperatura: 22 – 28 °C.

b. Requerimientos edáficos

Prefiere suelos arenosos o franco arenosos, bien desarrollados, bien drenados y aireados, aún más si son aluviales. Tiene capacidad de adaptación a suelos pobres y a suelos calcáreos. Se acomoda a una gran variedad de suelos con buen drenaje interno y en áreas de suelos arcillosos pesados. Se adapta en suelos franco-arcilloso-arenosos, con pH de 5.0 a 8.5 pero se desarrolla mejor con pH de 6.5 a 7.5. Prefiere suelos con un metro de profundidad para desarrollar sus raíces; no tolera el agua estancada, ni la arcilla anaeróbica. En suelos poco fértiles presenta menor crecimiento y altura.

5. Usos de la madera.

La teca puede tener varios usos, entre los cuales consta: construcción de botes, muebles de interior y exterior, carpintería, ebanistería, durmientes, pisos, partes para vehículos, instrumentos musicales, artículos deportivos, juguetes, embalajes, tanques, tonelería, cajonería, chapas decorativas, postes para construcción, para transmisión y para cercas, cabos para implementos, tornería, artesanías, pilotes para puentes, leña y carbón, implementos agrícolas, carrocerías.

6. Producción en vivero

Las plántulas se producen en bancales semilleros empleando una distancia de 5×5 cm, la germinación se inicia a los 10 días después de la siembra. El trasplante se realiza inmediatamente después de la germinación cuando las plantas tienen unos 3 cm de altura a fundas de polietileno o macetas (bandejas). Estas pueden permanecer de 3 – 4 meses, donde adquieren tamaños de 20 a 25 cm de altura (Vinuela, M. 2012).

7. Unidad de reproducción

En *Tectona grandis* la unidad de dispersión, almacenamiento y siembra es el fruto, a veces denominado con poca propiedad semilla, (FAO, 1995). También se puede reproducir por medio de estacas, cultivo de tejidos e injertos (Fonseca, 2000).

a. Morfología del fruto

El fruto es una drupa coriácea y pilosa; cerca del núcleo hay 4 orificios que llevan hasta el centro del mismo lo que hace que la semilla sea poliembriónica (Salazar, citado por Padilla, 1977). La fruta tiene forma subglobosa, parecido a un tetragono aplanado, exocarpo delgado y carnosos cuando está fresco (Chaves, E; Fonseca, W. 1991). El fruto posee una simple película epidérmica exterior o epicarpio la cual lo recubre. El mesocarpo lo constituye la parte felposa el cual puede variar su grosor dependiendo de la región de procedencia. Posee un endocarpo grueso, óseo, corrugado y duro de aproximadamente 1.2 cm. de diámetro, el cual está dividido en cuatro lóbulos, (Niembro, 1988). El fruto contiene de 1 a 3, raramente 4 semillas de 5 mm de largo (López, 1977 citado según Chaves, E; Fonseca, W. 1991).

Las semillas de Teca (*T. grandis*) procedentes de lugares más húmedos tienden a ser más grandes que aquellas de los lugares más secos, (Weber 2004). Los frutos son moderadamente grandes con 1,400 a 1,600 semillas por kilogramo, pero este número es variable dependiendo de las condiciones agroclimáticas del lugar donde se encuentra la plantación y de la edad de los árboles productores (Rivas, 2004).

El tamaño del fruto y la región de origen también afectan el porcentaje de germinación. Las frutas grandes tienden a tener un mayor número de semillas que los frutos más pequeñas, debido a que se da una formación completa del embrión en cada loculo, por lo tanto, producen un mayor número de plantas por fruto en semillero (Banik 1977, citado por Francis J.K. 2004). Se recomienda que las frutas más pequeñas a utilizarse sean de 14 mm de diámetro. Las semillas de regiones secas tienen con frecuencia más dificultad para germinar, (Troup 1921 citado por Francis J.K. 2004).

b. Proveedores de semilla certificada de *Tectona grandis*

Actualmente varios bancos de semillas (CATIE, Centro Agrícola Cantonal de Hojancha), ambos en Costa Rica, banco del ESNACIFOR (Honduras), banco CMG, banco DGRNR/CEDEFOR y el banco INAB/BANSEFOR, ponen a disposición semilla de la especie con precios que van desde US\$8,0/kg a US\$20,0/kg, con las siguientes características:

- Semillas viables/kg = 700 -1200
- % de germinación = 50 – 86
- % de pureza = 90 – 100
- % de humedad = 5 - 11,3
- Número de fuentes semilleras = de 1 a 5

También el CATIE ha desarrollado estudios con la semilla de teca, poniendo en servicio la semilla pretratada que tiene las siguientes ventajas:

- Menor peso y volumen de transporte, ahorrándose hasta un 30% del costo del transporte.
- Hasta un 90% de germinación.
- Hasta 1800 frutos por kilogramo.
- Hasta 2200 plantas útiles para transplante por kilogramo.
- No requiere tratamiento antes de la siembra, ahorrándose hasta 15 días de producción.
- Menor tiempo de germinación (6 a 20 días).

- Plantas más homogéneas en vivero.
- Ahorro de hasta el 17% en el costo de la semilla.
- Autorizada por la Oficina Nacional de Semillas de Costa Rica (Fonseca, W. 2004).

c. Relación entre el peso del fruto y el número de semillas

Las semillas hacen cerca del tres por ciento (3%) del peso total del fruto de Teca ya limpiado (Dabral 1976 citado por Francis 2004). Los frutos contienen 1 ó 2 raramente 3 semillas en su interior (Fonseca, 2003).

d. Germinación de la semilla

Varios estudios realizados en otros países para determinar el porcentaje de germinación de la semilla fresca reportan porcentajes de 40% a 60% (CATIE, 1986 y Flinta, 1960 citados por Chaves, 1994). Por su parte La Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y Agricultura -FAO-, menciona un 60% a 80% de germinación. La semilla de Teca se ve afectada por el fenómeno de latencia o dormancia lo cual dificulta su reproducción.

e. Latencia o dormancia en las semillas de teca

La latencia se da generalmente en especies arbóreas originarias de climas estacionalmente severos, (JARA, 1966). En la naturaleza la latencia que posee la semilla de Teca (*T. grandis*) conduce a una germinación retardada o irregular. Según el ISTA, 1996 la especie Teca es un árbol cuya semilla presenta dificultades para la germinación debido al fenómeno de latencia o dormancia.

El Danida Forest Seed Centre, reporta que *Tectona grandis* es una especie tropical en la cual hay evidencia de la latencia química causada por inhibidores en el pericarpio puede ser importante, no la latencia física.” Esta evidencia se obtuvo al realizar un ensayo en el cuál se remojaron en agua semillas de Teca durante 4 días, el extracto de dicho remojo se utilizó para

humedecer semillas de otra especie forestal, la cual dio como resultado porcentajes de germinación en 144 horas del 11%, comparada con 76% cuando se humedeció con agua normal y del 96% de germinación cuando se aplicó agua destilada, (Danida Forest Seed Centre, 2000).

f. Tipos de latencia que afectan a teca

1) Latencia física

La testa o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables. El embrión está quiescente, pero se encuentra encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aún con temperaturas elevadas (Jara, 1996).

2) Latencia química

Corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas (Hartmann, 1990). Algunas semillas tienen químicos en las partes del fruto o la cubierta de la semilla que previenen el inicio de la germinación, a pesar de contar con las condiciones básicas. Los químicos aseguran que la semilla germinará solo cuando las condiciones sean apropiadas para el crecimiento de la plántula (Danida Forest Seed Centre, 2000).

g. Tratamientos pre-germinativos para la semilla de teca.

Dependen de si la semilla tiene exocarpo (cubierta tipo corcho) o es escarificada; con exocarpo hay varios tratamientos, el mejor consiste en la inmersión en agua durante la noche, y en el día exponerla al sol sobre una lona, repitiendo el procedimiento durante 12 días. La semilla escarificada sólo requiere remojo 24 horas. En la actualidad se usa semilla escarificada

y mejorada genéticamente procedente de Costa Rica, y germina entre 5 y 15 días, con mucho mayor rendimiento (Vinuela, M. 2012).

Cuadro 05. Tratamientos utilizados para aumentar el porcentaje y uniformizar la germinación.

Fuente	Tratamiento
Bhargava y Khalatkar s.f.	Irradiación gama en semilla pura con dosis inferiores a 1,2 kr/mim, mejoró la germinación y produjo mayor cantidad de hojas y ramas y el crecimiento de la planta.
Agboola 1998, FAO 1975	<ul style="list-style-type: none"> - Soluciones salinas al 0,2 molar (Sulfato sódico (Na_2SO_4), Permanganato potásico (KMnO_4), Cloruro de sodio (NaCl), ha sido exitoso sumergiendo la semilla por 36 horas. - Remojo H_2SO_4 concentrado durante 20-30 minutos.
CATIE 1986, Vásquez 1992, Bauer 1982, Trujillo, s.f., FAO 1975, Phengklai <i>et al.</i> 1997, Lemckert 1980, Magini y Tulstrup 1968, CAB 2000, Weaver 1993 Parry 1957, Flinta 1960 y Laurie 1975 Gutiérrez 2003	<ul style="list-style-type: none"> - Inmersión en agua por períodos de 24 - 72 horas ó 24 - 48 horas. - Inmersión en agua con secado alterno en períodos de 24 horas, repitiendo el proceso por una o dos semanas o ciclos similares. - Inmersión en agua por la noche y secado al sol. - Remojo alterno en agua fría y tibia por 24 horas. - Mojado y secado alterno por 15 días. - Extender la semilla al voleo en el semillero y sin protegerla, manteniendo humedad constante y se deja secar al sol, repetir el procedimiento hasta que inicie la germinación, posteriormente se pone un poco de sombra. - Sumergir las semillas en agua corriente o en recipientes, cambiando el agua y removiendo las semillas durante 4 días. Después, sobre un plástico se coloca una capa de 3 cm de arena de río fina y lavada, se esparcen las semillas sobre la arena, cubriéndolas con un cm de arena, se satura la arena de agua y se cubre con un plástico negro, luego se cierra herméticamente para evitar escape de humedad. Dejar una semana tapado, a la semana se destapa y se extraen las semillas germinadas, el germinador se vuelve a tapar y se revisa cada tres días hasta por tres semanas. Después de este tiempo, se rechaza el resto de semillas sin germinar.

Fuente: Fonseca, W. 2004

Con la reproducción a través de semillas, mediante transplante a bolsas o envases se produce plantas con un sistema radical apropiado en corto tiempo (Fonseca, W. 2004).

F. MANEJO DE CULTIVOS EN INVERNADERO

La principal ventaja que ofrecen los cultivos protegidos es la capacidad que confieren al usuario de modificar a conveniencia determinadas condiciones climáticas y contrarrestar los efectos negativos derivados del medio ambiente en forma de precipitación, vientos o plagas.

Los rendimientos en invernadero o malla sombra son superiores a los obtenidos al aire libre, puesto que la planta trabaja en ambientes más húmedos donde las temperaturas fluctúan con moderación, las corrientes de aire son más débiles y la incidencia de plagas es menor que en ambientes descubiertos. A todas estas ventajas inherentes a cualquier invernadero o malla sombra, se le deben sumar las derivadas de un buen manejo del sistema productivo para modificar a conveniencia las condiciones del medio ambiente vegetal de manera que repercutan en una mejora del rendimiento final (Navarro, S. 2006).

1. Aireación

Mantener unos niveles óptimos de aireación dentro del invernadero es esencial para que exista una continua renovación de carbono en la atmósfera aérea y de oxígeno en la atmósfera radicular. Cualquier cultivo protegido presenta una diferencia básica con respecto a otro al aire libre: la atmósfera vegetal se mantiene estable. Esto supone una ventaja en lo que se refiere a la temperatura y a la humedad relativa, pues en ambientes templados la tasa neta de fotosíntesis se mantiene en unos niveles altos y el metabolismo del carbono es muy eficiente.

El ambiente protegido presenta una desventaja respecto al aire libre, ya que la atmósfera se mantiene estable porque existe una baja renovación de aire, y normalmente es necesario ventilar para que entre bióxido de carbono (CO_2) y se incorpore al medio ambiente del

umbráculo. La deficiencia relativa de carbono implica menor capacidad vegetal para reponerse a condiciones de estrés, como las aplicaciones de herbicidas, las intoxicaciones por tratamientos y las enfermedades de raíz. La virulencia de cualquiera de estas condiciones de estrés es mayor en umbráculos, debido a los altos niveles de humedad relativa en el suelo y en el ambiente. Asimismo, la aireación en los surcos de siembra aumenta la incorporación de oxígeno ambiental al agua del suelo. La presencia de oxígeno en el extracto saturado es esencial para que la raíz desarrolle procesos respiratorios, y estados carenciales provocan anoxia (asfixia radicular) que supone la muerte del tejido radicular (Navarro, S. 2006).

2. Manejo de riegos

Teniendo en cuenta que el invernadero es un medio donde el aire se renueva muy lentamente, un exceso en el tiempo de riego puede provocar encharcamientos o estados de saturación que prolongarán durante el tiempo que tarde la humedad en incorporarse a la atmósfera aérea, donde se acumulará en forma de humedad.

Un exceso de humedad en el suelo disminuye la tasa de renovación de aire en el suelo, por lo que disminuyen los niveles de oxígeno (O_2) e indirectamente reducen la actividad radicular. Al ser el invernadero una parcela relativamente pequeña y poco permeable, la operación de riego sirve para humedecer el medio ambiente y puede utilizarse como inductor de la tasa de fotosíntesis en horas de máxima sequedad. Es conocido que en su proceso respiratorio las raíces liberan CO_2 y consumen oxígeno, por lo que la atmósfera edáfica contiene un aire rico en bióxido de carbono. La operación de riego sirve también para liberar el aire edáfico, cuyo CO_2 alimentará los procesos fotosintéticos (Navarro, S. 2006).

3. Textura del suelo

Principalmente la textura del suelo determinará la capacidad del vegetal para desarrollar los procesos de enraizamiento, así como las probabilidades de acumular humedad en el ambiente durante largos periodos de tiempo. En suelos arenosos la precocidad de los vegetales es

significativamente mejor que en suelos pesados, pero la calidad de la fruta suele ser mejor en suelos pesados, ya que acumulan e intercambian mayor cantidad de minerales. Los suelos arenosos requieren riegos frecuentes, mientras que en los suelos arcillosos los aportes de agua son intermitentes para que se favorezca la aireación del suelo. Debido a que la arcilla retiene gran cantidad de agua no disponible para las raíces, debe ser mantenida con niveles altos de hidratación que dificultan una buena aireación en los surcos.

Los suelos retienen el agua de tres formas y en función de cada una de ellas, se clasifica como: i) agua gravitacional: drenaje, ii) agua útil: retenida por el suelo pero accesible para la raíz, y iii) agua no disponible: retenida por el suelo con mayor tensión que la que puede ejercer el sistema radicular (Navarro, S. 2006).

3. Radiación solar incidente

El hecho de disponer de invernadero o malla sombra permite regular la radiación solar incidente sobre el cultivo. La radiación solar regula el metabolismo vegetal por su influencia en la actividad estomática, la tasa de fotosíntesis neta y la secreción hormonal.

Los niveles altos de radiación solar incidente inhiben la conjugación de auxinas en los tallos en desarrollo, por lo que dichos tallos se alargan menos y la distancia entre horquetas se acorta, promoviéndose una mayor floración. Asimismo el exceso de radiación provoca quemaduras internas y externas por oxidación de los tejidos, consecuencia de una tasa de fotosíntesis excesiva que sobreexcita a las moléculas de clorofila.

Los niveles bajos de radiación inducen un alargamiento de la planta, consecuencia de unos entrenudos más largos que a su vez son consecuencia de la acumulación de auxinas en los mismos (Navarro, S. 2006).

G. GERMINACIÓN DE SEMILLAS

Las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen. Además, es uno de los elementos más eficaces para que la especie se disperse, tanto en el tiempo como en el espacio. Para que la semilla cumpla con su objetivo es necesario que el embrión se transforme en una plántula, que sea capaz de valerse por sí misma y, finalmente convertirse en una planta adulta. Todo ello comprende una serie de procesos metabólicos y morfogenéticos cuyo resultado final es la germinación de las semillas (www.euita.upv.es).

1. Proceso de germinación

Para que el proceso de germinación, es decir, la recuperación de la actividad biológica por parte de la semilla, tenga lugar, es necesario que se den una serie de condiciones ambientales favorables como son: un sustrato húmedo, suficiente disponibilidad de oxígeno que permita la respiración aerobia y, una temperatura adecuada para los distintos procesos metabólicos y para el desarrollo de la plántula.

La absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de cambios metabólicos, que incluyen la respiración, la síntesis proteica y la movilización de reservas. A su vez la división y el alargamiento celular en el embrión provocan la rotura de las cubiertas seminales, que generalmente se produce por la emergencia de la radícula. Sin embargo, las semillas de muchas especies son incapaces de germinar, incluso cuando se encuentran en condiciones favorables. Esto es debido a que las semillas se encuentran en estado de latencia. Por ello, mientras no se den las condiciones adecuadas para la germinación, la semilla se mantendrá latente durante un tiempo variable, dependiendo de la especie, hasta que llegado un momento, pierda su capacidad de germinar.

Cuando una semilla germina, la primera estructura que emerge, de la mayoría de las especies, después de la rehidratación de los diferentes tejidos es la radícula. En aquellas semillas, en las que la radícula no es el primer acontecimiento morfológico, se consideran otros criterios para definir la germinación como: la emergencia del coleoptilo en granos de cereales; la obtención de plantas normales; o el aumento de la actividad enzimática, tras la rehidratación de los tejidos (www.euita.upv.es).

En el proceso de germinación se distinguen tres fases:

a. Fase de hidratación

La absorción de agua es el primer paso de la germinación, sin el cual el proceso no puede darse. Durante esta fase se produce una intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla. Dicho incremento va acompañado de un aumento proporcional en la actividad respiratoria (www.euita.upv.es).

b. Fase de germinación

Representa el verdadero proceso de la germinación. En ella se producen las transformaciones metabólicas, necesarias para el correcto desarrollo de la plántula, en esta fase la absorción de agua se reduce considerablemente, llegando incluso a detenerse (www.euita.upv.es).

c. Fase de crecimiento

Es la última fase de la germinación y se asocia con la emergencia de la radícula (cambio morfológico visible). Esta fase se caracteriza porque la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad respiratoria.

La duración de cada una de estas fases depende de ciertas propiedades de las semillas, como su contenido en compuestos hidratables y la permeabilidad de las cubiertas al agua y al

oxígeno. Estas fases también están afectadas por las condiciones del medio, como el nivel de humedad, las características y composición del sustrato, la temperatura, etc. Otro aspecto interesante es la relación de estas fases con el metabolismo de la semilla. La primera fase se produce tanto en semillas vivas y muertas y, por tanto, es independiente de la actividad metabólica de la semilla. Sin embargo, en las semillas viables, su metabolismo se activa por la hidratación. La segunda fase constituye un período de metabolismo activo previo a la germinación en las semillas viables o de inicio en las semillas muertas. La tercera fase se produce sólo en las semillas que germinan y obviamente se asocia a una fuerte actividad metabólica que comprende el inicio del crecimiento de la plántula y la movilización de las reservas. Por tanto los factores externos que activan el metabolismo, como la temperatura, tienen un efecto estimulante en la última fase.

En las dos primeras fases de la germinación los procesos son reversibles, a partir de la fase de crecimiento se entra en una situación fisiológica irreversible. La semilla que haya superado la fase de germinación tendrá que pasar a la fase de crecimiento y originar una plántula, o por el contrario morir (www.euita.upv.es).

2. Germinación epigea.

En las plántulas denominadas epigeas (Figura 03), los cotiledones emergen del suelo debido de un considerable crecimiento del hipocótilo (porción comprendida entre la radícula y el punto de inserción de los cotiledones). Posteriormente, en los cotiledones se diferencian cloroplastos, transformándolos en órganos fotosintéticos y, actuando como si fueran hojas. Finalmente, comienza el desarrollo del epicótilo (porción del eje comprendida entre el punto de inserción de los cotiledones y las primeras hojas).

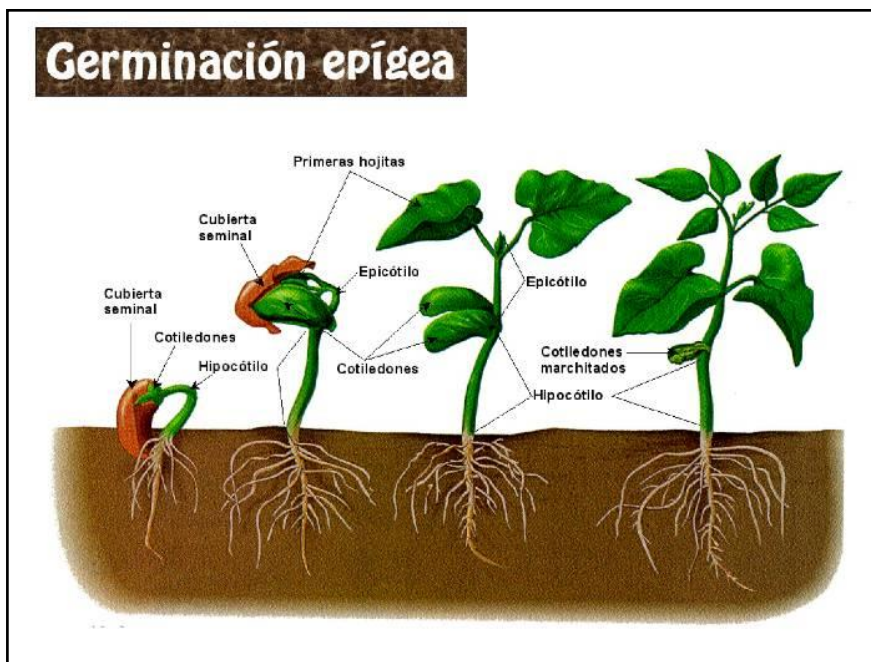


Figura 03. Germinación epigea de la judía (*Phaseolus vulgaris*).

F. SIEMBRA DIRECTA Y VENTAJAS DE LA SIEMBRA DE SEMILLEROS EN BANDEJAS DE CONFINAMIENTO

1. Siembra directa

Se usa para aquellas especies que no toleran el trasplante como por ejemplo, el nogal criollo, algunos pinos por ejemplo. La siembra directa consiste en sembrar las semillas directamente en un envase. En los últimos años esta técnica ha tenido amplia difusión, para todas las especies porque implica menor trabajo (no hay que trasplantar) y gran éxito de plantas logradas una vez que se las planta en el lugar definitivo. Sin embargo, se debe tener en cuenta los siguientes factores antes de decidir el uso de esta práctica:

Si las semillas son de tamaño muy pequeño, es difícil manipularlas y por lo tanto caerán varias semillas por envase, desperdiciando semillas y material genético.

Se debe contar con semillas de muy buen poder germinativo, para evitar que se produzcan muchas fallas en los respectivos envases.

Se requiere de un buen control de pájaros y roedores.

Si se controlan los factores anteriores, se debe realizar este tipo de siembra. Se siembran 1, 2 o 3 semillas por recipiente. Algunos ejemplos de especies que se reproducen de este modo son algarrobos, espinillo, robles, aguaribay, churqui, pinos, pino Paraná, pehuén, guindo, mutuy, nogal criollo (Dirección de Educación Agraria Buenos Aires. 2010).

a. Pasos a seguir para la siembra directa

- 1) Elegir el tamaño del envase teniendo en cuenta que las especies más robustas necesitan envases de mayor tamaño. Los bolsines de polietileno especialmente diseñados para esta tarea vienen en diferentes tamaños (10 cm de diámetro y 15-18 cm de altura; 15 de diámetro y 18 cm de altura; entre otros).
- 2) Preparar los recipientes. Controlar que tengan en la base agujeros para el drenaje del exceso de agua.
- 3) Preparar el sustrato con el que se rellenarán los envases. Zarandear las mezclas para que no tenga terrones, ni raíces o trozos de plantas que dificulten la emergencia de las plántulas. Es necesario desinfectar el sustrato.
- 4) Rellenar el envase con el sustrato hasta 2 cm del borde. Completar los dos superiores con compost o mantillo de bosque.

- 5) Regar 1 o 2 veces antes de sembrar para asentar el sustrato. Si el nivel del suelo disminuye mucho, hay que rellenar.
- 6) Colocar 1, 2 o 3 semillas por envase, según el poder germinativo de la especie a cultivar. En este tipo de siembra, al igual que en los almácigos, es necesario realizar los tratamientos pre-germinativos a las semillas que lo requieren. Es importante colocarlas lo más separadas posibles entre sí y distribuidas en el centro del envase. Esto facilitará la realización del raleo.
- 7) Cubrir con una fina capa de mantillo o compost las semillas. Recordar que la profundidad será de aproximadamente 1,5 a 2 veces el valor del diámetro mayor de la semilla.
- 8) Regar suavemente cuidando de no desenterrar las semillas.
- 9) Cubrir la superficie con material vegetal seco. Controlar diariamente la emergencia de las plantas. Una vez que emergen retirar la cobertura. También se puede proteger con polietileno transparente. Colocar bajo la protección de la media sombra (Dirección de Educación Agraria Buenos Aires, 2010)

2. Ventajas de la siembra de semilleros en bandejas de confinamiento

a. Ahorro de semillas

En un semillero tradicional se requiere utilizar aproximadamente un 30% más de semilla de la que se va a sembrar en campo para obviar las pérdidas causadas por mala germinación y calidad de las plántulas (ftp.fao.org).

b. Mejor planificación de siembras

Conociendo la cantidad exacta de semillas a sembrar y de plántulas a trasplantar, permite una mayor planificación de las siembras en campo (ftp.fao.org).

c. Desarrollo uniforme

Debido a que la densidad de siembra es constante, se obtiene un desarrollo uniforme de la plántula para su siembra en el campo. Generalmente cada plántula recibe la misma cantidad de tierra, agua, luz y nutrientes y su raíz sólo puede crecer hasta el final del cono (ftp.fao.org).

d. Calidad de plántulas

Cada planta puede alcanzar un excelente desarrollo de raíces principales y secundarias ya que cada una tiene su propio espacio de crecimiento sin necesidad de estar compitiendo con las demás (ftp.fao.org).

e. Desarrollo radicular dirigido

Las cinco venas verticales en cada cono permiten un excelente desarrollo radicular con bastantes raicillas secundarias sin espirulamiento. Las raíces, al chocar con las venas del cono, se dirigen hacia abajo siguiendo paralelamente la vena hasta el final de cono o tubete. Este comportamiento de la raíz evita que la plántula se ahorque entre sus raíces. Esta raíz con desarrollo vertical, sujeta y ancla muy bien la plántula al trasplantarse a campo (ftp.fao.org).

f. Poda natural de raíces y control de malezas

Al colocar los semilleros sobre una cama de alambres, se evita que los conos toquen el suelo y las raíces se peguen a él; al no encontrar suelo las raíces sufren una poda natural y se concentran en el interior del cono. Así mismo, se tiene un excelente drenaje del cono cuando la bandeja está levantada. De esta manera, se tiene disponibilidad permanente del material de siembra y se incrementa la vida útil de las plántulas, las cuales pueden permanecer almacenadas en los semilleros por un periodo prolongado hasta el momento indicado del trasplante. Por otro lado, la presencia de malezas en la bandeja es menor, siempre y cuando el sustrato esté bien desinfectado. Las plántulas producidas son de tallos más gruesos y fuertes,

hojas frondosas y de mayor tamaño y, por ende, menos propensas al ataque de enfermedades y plagas (<ftp.fao.org>).

g. Ahorro de área de vivero

Con la utilización de bandejas se emplea menos área de vivero y se reducen los costos de riego, porque las plántulas se organizan más fácilmente en los surcos y caben más por metro cuadrado (<ftp.fao.org>).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización

La presente investigación se realizó en el vivero de la “Hacienda La Palma” de la empresa SERAGROFOREST S.A (Rio Verde Servicios Técnicos Agroforestales S.A) ubicada en el Km 40 de la vía Santo Domingo de los Tsáchilas – Quevedo.

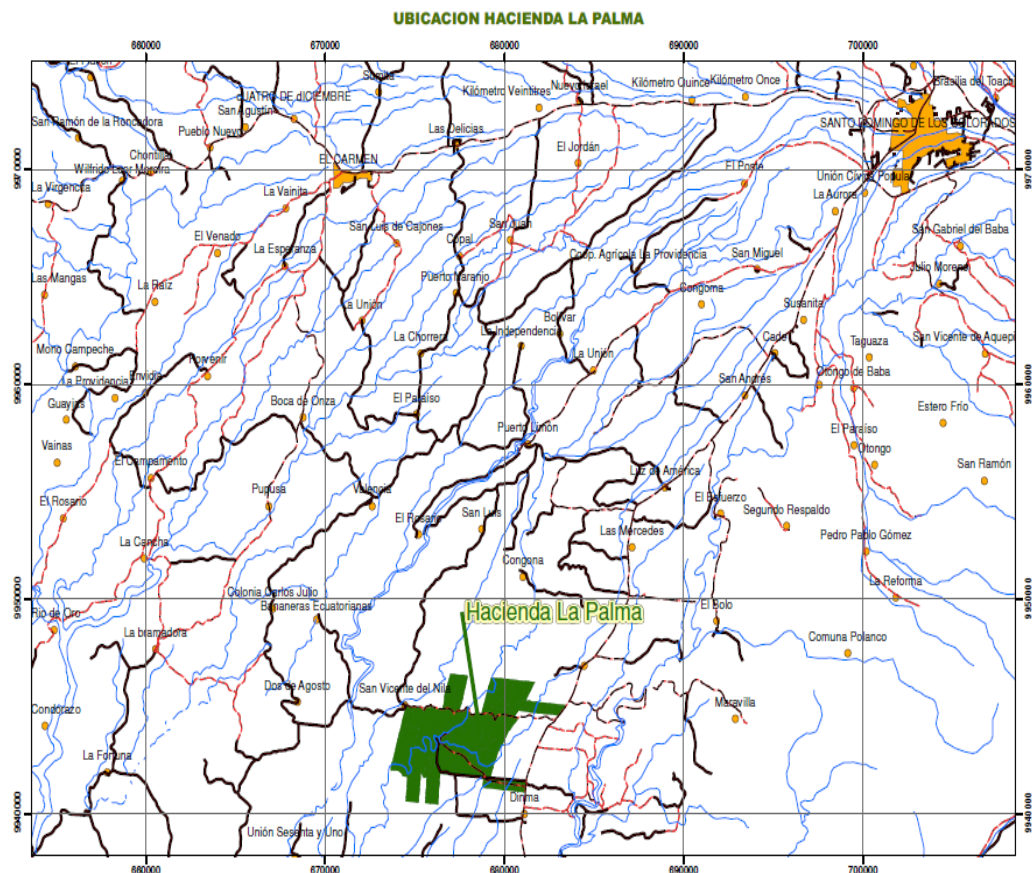


Figura 04. Localización geográfica de la hacienda “La Palma”. Santo Domingo de los Tsáchilas-Ecuador.

2. Ubicación geográfica

- a. Longitud: 79° 10' 40'' O (676.500)
- b. Latitud: 0° 13' 50'' S (9'944.400)
- c. Altitud: 180 m.s.n.m

3. Condiciones climatológicas

La investigación se llevó a cabo bajo invernadero donde las condiciones climáticas son las siguientes:

- a. Temperatura: 29° C.
- b. Humedad relativa: 85 %

4. Clasificación ecológica

Según (Holdridge, 1982); esta zona corresponde al Bosque Húmedo Tropical.

B. MATERIALES

1. Material de campo

a. Insumos: Fungicida para suelo (Terraclor), fungicida biológico (*Trichoderma harzianum*), fertilizante foliar completo (Evergreen), Fertilizante a base de Ca, fertilizante granulado a base de fósforo, fertilizante a base de Mg, fungicida para semillas (Vitavax), insecticida Actara.

b. Sustrato: tierra amarilla y cascarilla de arroz.

c. Otros: flexómetro, pie de rey, cloro, bomba de mochila, plástico, parilla, leña, bandejas para vivero de 27 cm x 40 cm (24 unidades), bandeja metálica, guantes anti quemaduras, pala, rastrillo, baldes, caretilla, botellas Spray, regla, pie de rey, cernidera, palos de helado, fundas plásticas negras, cámara fotográfica.

2. Material experimental

1 Kilogramo de semillas de teca certificada, Banco de Semillas Forestales,BSF/CATIE (semilla importada de Costa Rica).

Cuadro 06.Información de la semilla de *Tectona grandis* certificada, tecnología CATIE

Frutos x Kg	1800
Plantas útiles x Kg	2200
Tratamiento pre germinativo	No requiere
Tiempo de germinación	6 a 20 días

Fuente: BSF/CATIE, 2012.

3. Material de oficina

Computadora, papelería, documentación bibliográfica.

C. METODOLOGÍA

1. Tratamientos en estudio

- a. Componentes del sustrato:** - Tierra amarilla (60%)
- Cascarilla de arroz retostada (40%)

b. Métodos de desinfección: - Solarización (S)

- Terraclor (T)

- Retostado (R)

- *Trichoderma harzianum* (TH)

Cuadro 07. Tratamientos en estudio (tratamientos para desinfección del sustrato)

Tratamiento	Código	Descripción
T1	S	Solarización
T2	S & Th	Solarización & <i>Thichoderma harzianum</i>
T3	T	Terraclor
T4	T & Th	Terraclor & <i>Thichoderma harzianum</i>
T5	R	Retostado
T6	R & Th	Retostado & <i>Thichoderma harzianum</i>
T7	Th	<i>Thichoderma harzianum</i>
T8	SD	Testigo (sustrato sin desinfección)

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013.

2. Diseño experimental

Se utilizó el diseño completo al azar (DCA), con ocho tratamientos y cuatro repeticiones.

3. Especificaciones del área experimental

Número de bandejas: 32

Número de tratamientos: 8

Número de repeticiones: 4

Forma de bandejas: rectangular (0,27 m x 0,40 m)

Área total/bandeja: 0,11 m²

Distancia entre bandejas: 0,15 m
Numero de cavidades/bandeja: 24
Distancia de siembra: 0,07 cm
Área total del ensayo: 7,8 m² (6 m x 1,3 m)
Número total de plántulas por tratamiento: 48
Número total de plántulas en la investigación: 768

La investigación se llevó a cabo en invernadero tipo capilla, con un área de 47 m² (9 m x 5,2 m) y una altura de 3,20 m en la parte central.

El invernadero constaba con sistema de nebulización para el riego: nebulizador estático súper fino (COOLNET, 4 boquillas en cruz, caudal 7 l/h) especialmente diseñado para la humidificación y enfriamiento de invernaderos, para riego sobre mesas de germinación.

Dentro del invernadero la temperatura y humedad relativa promedio fue 29° C y 85% respectivamente. Debido a las altas temperaturas solo el techo estuvo cubierto con plástico, las paredes forradas con malla sarán al 50% para permitir la libre entrada de CO₂, también disponía una ventana cenital. Para proporcionar sombra se colocó sarán al 50% a manera de cielo raso mismo que puede ser movable. Todas las aberturas del invernadero estaban cerradas con malla sarán al 50% para reducir el acceso de insectos. El piso estuvo cubierto con ripio.

Dentro del invernadero se estableció una cama con estructura de tubo y varilla tipo mesa de 6 metros de largo y 1,3 m de ancho donde se apoyaron las bandejas mismas que constituyeron las parcelas experimentales.



Figura 05.Invernadero de germinación y crecimiento inicial de teca.

4. Análisis estadístico.

- a. Se realizó el análisis de varianza.
- b. Se determinó el coeficiente de variación.
- c. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5%

Cuadro 08. Esquema del análisis de varianza (ADEVA)

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	$(t-1)7$
Error	$t(r-1)24$
Total	$r*t-1 \quad 31$

Elaborado por: AGUIRRE N. 2013.

D. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS A REGISTRARSE

1. Determinación del tratamiento con mayor eficacia en la desinfección del sustrato para el control del complejo Damping-off en semillero de Teca (*Tectona grandis* Linn F.) bajo invernadero

a. Análisis químico del sustrato en estudio (tierra amarilla 60% + cascarilla de arroz 40%)

Luego de la preparación del sustrato se tomó una muestra de 1 kg del sustrato en estudio y fue enviada al Laboratorio de análisis ambiental e inspección LABCESTTA para su respectivo análisis químico.

b. Número de plántulas emergidas

A los 8, 15, 21 y 30 días posteriores a la siembra se contabilizó el número de plántulas emergidas por tratamiento.

c. Porcentaje de incidencia de la enfermedad

Este parámetro se evaluó a los 15 y 21 días después de efectuada la siembra. Para determinar la incidencia de la enfermedad se empleó la fórmula propuesta por la Sociedad Inglesa de Micología (Horsfall, y Cowling, 1978), la cual se indica a continuación:

$$\% \text{ de Incidencia} = \frac{\text{número de plantas afectadas}}{\text{número de plantas totales}} * 100$$

2. Evaluación del crecimiento de plantas de Teca (*Tectona grandis* Linn F) bajo invernadero.

a. Altura y diámetro de plantas

La altura se evaluó a los 30, 60 y 90 días luego de la siembra, para ello se consideró la altura desde el cuello hasta el ápice de la planta. El diámetro se midió a los 60 y 90 días con un pie de rey.

b. Número de hojas y porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2).

A los 30, 60 y 90 días de efectuada la siembra se contabilizó el número de hojas por planta. También se determinó la calidad de las plantas a los 30, 60 y 90 días en base al cuadro 09.

Cuadro 09. Calidad de planta y sus categorías.

Ct	Calidad	Definición de categorías
1	Plántula completamente, libre de defectos.	Planta con meristemo principal sano, sin bifurcación, ni daño mecánico (deshojadas, quebradas y heridas en sus tallos) y sin ningún problema fitosanitario visible.
2	Plántula relativamente libre de defectos, con problemas fitosanitarios menor al 50% del follaje.	Planta con meristemo principal sano, sin bifurcación, ni daño mecánico (deshojadas, quebradas y heridas en sus tallos), que exhibe alguna evidencia de problemas fitosanitarios pero que no corre riesgo de morir, y que no se presenta en más de un 50% del follaje o que no haya provocado heridas severas en el tallo.
3	Plántula de mala calidad que no debe ir al campo.	Plántulas con defectos tan severos que afectan su desarrollo normal tales como: pérdida del meristemo, con daño mecánico, bifurcación o ejes múltiples y con daños visibles en menos del 50% de la planta.

Fuente: Murillo, O. 2003

E. MANEJO DEL ENSAYO

1. Preparación de bandejas germinadoras.

Los envases para la germinación de semillas y crecimiento de plántulas consistieron en bandejas plásticas de 24 cavidades, las cuales se lavaron con detergente y agua.



Figura 06. Lavado de bandejas

Cuadro 10. Especificaciones de las bandejas germinadoras

Largo	0,4 m
Ancho	0,27 m
Cavidades/bandeja	24 und
Volumen de sustrato/bandeja	0,012 m ³
Peso de sustrato/bandeja	4 Kg

Elaborado por: AGUIRRE N. 2013

2. Preparación del sustrato

Para la investigación se utilizó 0,4 m³ de sustrato, producto de la mezcla de tierra amarilla (60%) y cascarilla de arroz retostada (40%).

Para retostar la cascarilla de arroz, esta se colocó en bandejas metálicas sobre una parrilla, encendidos los leños se revolvió continuamente durante 30 minutos hasta tostar la cascarilla teniendo cuidado de que no llegue a cenizas (esto debido a la compactación del sustrato y por ende problemas de infiltración, elevación del pH, entre otros).



Figura 07. Componentes del sustrato: Tierra amarilla y cascarilla de arroz retostada

El sustrato se zarandeó a través de una malla metálica para eliminar materiales extraños y homogenizar las partículas, consiguiendo un material limpio y mullido.



Figura 08. Sustrato: Tierra amarilla (60%) + cascarilla de arroz retostada (40%)

3. Desinfección del sustrato

Elaborado el volumen de sustrato ($0,4 \text{ m}^3$), se dividió en 8 partes iguales, esto fue $0,05 \text{ m}^3$. A cada parte se le aplicó un tratamiento distinto de desinfección los cuales se describen a continuación:

a. Tratamiento 1 (S).- El sustrato se desinfectó mediante un método físico: “Solarización”, proceso que consistió en colocar el sustrato en cuatro bandejas germinadoras, humedecerlo a capacidad de campo, cubrirlo con plástico fino transparente y exponerlo a los rayos solares durante 30 días.

b. Tratamiento 2 (S&Th).- El método de desinfección fue: “Solarización & *Trichoderma harzianum*”, para ello se realizó el proceso descrito para el tratamiento 1 y adicionalmente se disolvió 16 g de *Trichoderma harzianum* en polvo en 4 litros de agua y éste preparado se añadió al sustrato de las 4 bandejas (1 litro por bandeja, 40 cc por cavidad).



Figura 09. Proceso para la desinfección del sustrato: Solarización (S), Solarización & *Trichoderma harzianum* (S&Th)

c. Tratamiento 3 (T).- El sustrato se desinfectó mediante un método químico: “Terraclor”, para ello el sustrato se colocó en 4 bandejas germinadoras y se aplicó terraclor según la dosis recomendada en la etiqueta del producto; se aplicó 4 gramos en 4 litros de agua; se aplicó un litro de la solución por bandeja (40 cc por cavidad).

d. Tratamiento 4 (T&Th).- El método de desinfección fue: “Terraclor & *Trichoderma harzianum*”, para ello se realizó el proceso para el tratamiento 3, se esperó 30 días para disminuir la toxicidad de terraclor, después se disolvió 16 g de *Trichoderma harzianum* en polvo en 4 litros de agua y éste preparado se añadió al sustrato de las 4 bandejas (1 litro por bandeja, 40 cc por cavidad).



Figura 10. Proceso para la desinfección del sustrato: Terraclor (T), Terraclor & *Trichoderma harzianum* (T&Th)

e. Tratamiento 5 (R).- El sustrato se desinfectó mediante el método físico: “Retostado del sustrato”, proceso que consistió en colocar el sustrato en bandejas metálicas sobre una llama durante 40 minutos, revolviéndolo 2 veces, finalmente se colocó el sustrato desinfectado en 4 bandejas germinadoras.

f. Tratamiento 6 (T&Th).- El método de desinfección fue: “Retostado del sustrato & *Trichoderma harzianum*”, para ello se realizó el proceso para el tratamiento 5, y adicionalmente se disolvió 16 g de *Trichoderma harzianum* en polvo en 4 litros de agua y este preparado se añadió al sustrato de las 4 bandejas (1 litro por bandeja, 40 cc por cavidad).



Figura 11. Proceso para la desinfección del sustrato: Retostado (R), Retostado & *Trichoderma harzianum* (R &Th)

g. Tratamiento 7 (Th).- al sustrato se le añadió *Trichoderma harzianum* en polvo, se disolvió 16 gramos de *Trichoderma harzianum* en polvo en 4 litros de agua y este preparado se añadió al sustrato de las 4 bandejas (1 litro por bandeja, 40 cc por cavidad).



Figura 12. Proceso para la desinfección del sustrato: *Trichoderma harzianum* (Th)

h. Tratamiento 8: el sustrato no se desinfectó pues corresponde al tratamiento testigo (SD): “sustrato sin desinfección”. Se llenaron 4 bandejas germinadoras con sustrato.

T5	T8				
T7	T3				
T2	T7				
T1	T5				
T7	T8				
T2	T1				
T4	T6				
T1	T7				
T4	T6				
T3	T4				
T5	T4				
T6	T3				
T8	T6				
T5	T2				
T8	T2				
T1	T3				

Tratamientos para desinfección del sustrato		
Tratamiento	Código	Descripción
T1	S	Solarización
T2	S & Th	Solarización & <i>Thichoderma harzianum</i>
T3	T	Terraclor
T4	T & Th	Terraclor & <i>Thichoderma harzianum</i>
T5	R	Retostado
T6	R & Th	Retostado & <i>Thichoderma harzianum</i>
T7	Th	<i>Thichoderma harzianum</i>
T8	SD	Testigo (sin desinfección)

Figura 13. Distribución de tratamientos según el tratamiento de desinfección del sustrato.

4. Tratamiento pre-germinativo

Consistió en la inmersión de los frutos de teca (1536 frutos/3072 semillas) en agua durante la noche, y durante el día se expusieron al sol sobre un plástico, repitiendo el procedimiento durante dos noches y tres días.

Imersión en agua por la noche



Secado al sol durante el día



Figura 14. Tratamiento pre-germinativo para semillas de teca

5. Desinfección de frutos-semillas

Debido a la elevada pérdida de plántulas de teca generada en anteriores ensayos en el invernadero de la empresa SERAGROFOREST S.A, la Gerencia Operacional indicó realizar la desinfección de los frutos de teca como prevención para evitar la pudrición de semillas.

Por lo anterior al tercer día del tratamiento pre-germinativo, los frutos esparcidos sobre el plástico se recogieron y sumergieron en agua con Vitavax durante 1 hora, se escurrió el agua quedando listos para la siembra.

Se adicionó la cantidad de vitavax recomendada en la etiqueta del producto, se aplicó 8 g del producto en los 4 litros de agua donde se sumergió 1 kg de los frutos de teca.



Agua con vitavax



Colocación de semillas



Peso para evitar
flotación de los frutos

6. Siembra

Humedecido el sustrato a capacidad de campo, se sembraron 48 frutos (96 semillas) por bandeja, 4 semillas por cavidad. Los frutos se colocaron a 5 milímetros de profundidad. Se realizó un riego superficial y las bandejas se cubrieron con plástico negro durante los 3 primeros días.



Figura 16. Siembra de frutos de teca

7. Raleo

A los 21 días de efectuada la siembra, de las plántulas emergidas se dejaron 24 plántulas por bandeja (1 por cavidad de la bandeja), estas fueron aquellas que presentaron las mejores características botánicas de la especie (se tomó en cuenta principalmente la altura), las demás plántulas fueron repicadas y dejadas fuera de la investigación.

La emergencia de plántulas continuó hasta los 45 días, por tanto se iban contabilizando y repicando para dejarlas fuera de la investigación.



Figura 17. Raleo de plántulas de teca.

8. Riego

El sustrato se mantuvo a capacidad de campo. Diariamente en horas de alta radiación (12:00 - 15:00 pm) se aplicó riego por nebulización para evitar que las plántulas se deshidraten.



Figura 18. Riego de plántulas de teca

9. Fertilización

A partir de la cuarta semana de efectuada la siembra se realizó la siguiente fertilización: dos veces por semana se aplicó fertilizante completo “Evergreen” en una dosis de 4 ml en 1 lt de agua por bandeja. También se realizó una aplicación por mes de fertilizante granulado “fosfato mono-amónico” en una dosis de 4 gr en 1 lt de agua por bandeja.

La aplicación de fertilizantes se realizó por aspersión mediante el uso de una regadera.

Cuadro 11. Especificación de fertilizantes usados.

Fertilizante Ever Green		
N	7	%
P	7	%
K	7	%
Mg	0,036	%
S		%
B	0,024	%
Mn	0,018	%
Fe	0,05	%
Zn	0,009	%
Cu	0,013	%
Mo	0,0003	%
Citoquinina	90	Ppm
Giberelina	40	Ppm
Auxina	40	Ppm
Colina	750	Ppb
Tiamina	150	Ppb
Niacina	90	Ppb
ácido pantoténico	12	Ppb
ácidofólico	1	Ppb
nicotina	2	Ppb
riboflavina	1,5	Ppb

Fertilizante	Elemento-Concentración (%)	
	N	P
Fosfato mono-amónico	12	61

Fuente: etiquetas de fertilizantes

10. Control de malezas

Ante la aparición de malezas, éstas se controlan de forma manual.

V.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. DETERMINACIÓN DEL TRATAMIENTO CON MAYOR EFICACIA EN LA DESINFECCIÓN DEL SUSTRATO PARA EL CONTROL DEL COMPLEJO DAMPING-OFF EN SEMILLERO DE TECA (*Tectona grandis* Linn F.) BAJO INVERNADERO.

1. Análisis químico del sustrato

Cuadro 12. Resultados del análisis químico del sustrato tierra amarilla 60% + cascarilla de arroz 40%

Parámetro	Método/Norma	Unidad	Cantidad	Interpretación
Potasio asimilable	PEE/LABCESTTA/87 Olsem	ppm	4832,5	muy alto
Fósforo asimilable	PEE/LABCESTTA/86 Olsem	ppm	2,3	muy bajo
Calcio asimilable	PEE/LABCESTTA/87 Olsem	ppm	6322,6	muy alto
Magnesio asimilable	PEE/LABCESTTA/87 Olsem	ppm	2850,4	muy alto
Nitrógeno total	PEE/LABCESTTA/88 Kjedahl	%	0,068	Bajo
Potencial hidrógeno	PEE/LABCESTTA/24 EPA 9045 D	unidades de pH	5,6	Ácido
Materia orgánica	PEE/LABCESTTA/81 Oxidación Húmeda/Walkey y Black	%	14,5	Alto
Conductividad eléctrica	PEE/LABCESTTA/85 EPA 9045 D	μS/cm	122,2	Adecuada

Fuente: Laboratorio de análisis ambiental e inspección LABCESTTA, 2013

El sustrato presentó una concentración de 14,5% de materia orgánica, según la tabla para la interpretación de materia orgánica oxidable, clasificación según el método Walkey-Black (Anexo 20) esta concentración es muy alta, esta gran cantidad se ve justificada por la presencia de cascarilla de arroz (40%). Según Garrido, S. 1994 la materia orgánica tiene una elevada capacidad de intercambio catiónico, esto es una gran capacidad para retener cationes en el suelo; favorece la microestructura del suelo y en general favorece también el desarrollo de microfauna edáfica. Todos estos factores hacen que este parámetro sea muy útil para conocer de forma indirecta la fertilidad del sustrato.

El pH del sustrato fue de 5.6 valor que según la tabla para interpretación (Anexo 19) corresponde a un sustrato ácido, este pH se encuentra dentro del rango en que se desarrolla la teca según lo indicado por Vinueza, M. 2012 quien manifiesta que la teca se adapta en suelos con pH de 5.0 a 8.5. Según North Carolina State University. 2012 (Anexo 26), el pH de 5 a 6,5 en sustratos afecta la cantidad de nitrógeno disponible para la planta lo que coincide con los resultados del análisis del sustrato en estudio donde se presentó un nivel bajo de nitrógeno (0,068 %), así mismo en el rango 5 a 6,5 de pH, North Carolina State University. 2012 indica que se afecta la cantidad disponible de potasio sin embargo en el sustrato en estudio la cascarilla de arroz suministraría también potasio por tanto el análisis del sustrato indica un valor alto de 4832 ppm de este nutriente. También en suelos ácidos la cantidad de fósforo se ve afectada (Anexo 26) lo que concuerda con los resultados del análisis del sustrato donde el nivel de fósforo es muy bajo con apenas 2,3 ppm. En el anexo 26 se observa que en sustratos con pH ácidos la cantidad de calcio y magnesio no se afecta lo que concuerda con el análisis del sustrato donde la cantidad de calcio y magnesio son muy altas con 6322 ppm y 2850 ppm respectivamente. Por lo mencionado anteriormente la fertilización de teca se realizó con fertilizantes principalmente a base de nitrógeno y fósforo.

En cuanto a la conductividad eléctrica según la tabla para la interpretación (Anexo 25), el valor resultante en el análisis del sustrato 122,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ es adecuado para un buen desarrollo de las plantas, esto indica que el sustrato no contiene elevadas cantidades de sales.

Es bien conocido que el calcio ayuda a proteger la planta contra las enfermedades, numerosos hongos y bacterias secretan enzimas que deterioran la pared celular de los vegetales, investigaciones demostraron que un nivel suficiente de calcio puede reducir significativamente la actividad de estas enzimas y proteger las células de la planta de invasión de patógenos (www.smart-fertilizer.com)

El Ca tiene la característica de ser un bloqueador enzimático, razón por la cual no puede existir como Ca libre en el citoplasma, por tanto el Ca se acumula en ciertos organelos de la planta como mitocondrias, cloroplastos y ribosomas. Cuatro moléculas de Ca y 148 aminoácidos se unen para formar la proteína llamada “calmodulina”, que se encuentra dentro del citoplasma y ejerce la misión de activar una serie de enzimas que son importantes para el funcionamiento de la planta, una de ellas es la defensa de la planta ante el ataque de patógenos. Los hongos fitopatógenos segrega enzimas de degradación y tiene que destruir primero los puentes de calcio de la pared celular y membrana celular, los calcios libres intercelulares bloquean la acción de las enzimas destructivas, los calcios de la calmodulina reconstruyen los puentes de calcio, la mitocondria, el cloroplasto y ribosomas reponen los calcios de la calmodulina, el hongo al no poder alimentarse muere (Yanchapaxi, V. 2008)

Cardoso, R. 1985 analizó en plantas de café cultivadas en solución nutritiva los efectos de la nutrición de calcio y de pH en el crecimiento, estado nutricional y colonización de los tejidos vasculares por *Fusarium oxysporum*. Los tratamientos consistían en 5 dosis de calcio (0, 10, 100, 200 y 400 mg/ml) combinadas con dos niveles de pH (4.5 y 6.5). Los tratamientos con calcio aumentaron las absorciones de Ca y N y disminuyeron las de P, K, Mg, Mn y Fe, sin afectar las de Cu y Zn. La extensión de la colonización de tejidos vasculares por el hongo fue mayor con pH de 6.5. El porcentaje de tejidos colonizados aumentó con la disminución de la dosis de Ca en la solución (0 y 10 mg/ml). La severidad de la enfermedad disminuyó con el aumento de calcio de 200 y 400 mg/ml.

López, D. 2004 evaluó la influencia del pH en el desarrollo de especies del género *Fusarium*, con el estudio del pH se comprobó que los valores óptimos de crecimiento se encontraron

entre los valores 5,5-6,5. También Echemendia, Y., indica que el pH óptimo para que ocurra el proceso de reproducción asexual (germinación de clamidosporas) de *Phytophthora* está comprendido entre 5 y 7. Carillo, L. 2003 indica que los hongos prefieren valores bajos de pH y predominan cuando se siembra una muestra de suelo en un medio de pH 5, pero no a pH 8, menciona que *Rhizoctonia solani* crece en pH de 2,5 a 8,5; *Botrytis cinerea* de 2,8 a 7,4. El pH del sustrato utilizado en la presente investigación (5,6) está dentro de los rangos óptimos para el crecimiento y desarrollo de los hongos del complejo Damping-off.

2. Número de plántulas emergidas.

a. Número de plántulas emergidas a los 8 días.

Según el análisis de varianza para la variable número de plántulas emergidas a los 8 días (Cuadro 13), se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 13. Análisis de varianza para el número de plántulas de teca emergidas a los 8 días.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamiento	1394,88	7	199,27	3,56	0,0092**
Error	1345,00	24	56,04		
Total	2739,88	31			
CV %			28,18		
Media			26,56		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Luego de la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la variable número de plántulas emergidas a los 8 días (Cuadro 14) para los tratamientos de desinfección del sustrato, se

observa 2 rangos; en el rango “A” se ubicó el tratamiento Retostado & *Trichoderma Harzianum* (R & Th) con la mayor cantidad de plantas emergidas con una media de 39 plantas, mientras que en el rango B se ubicó el tratamiento Solarización & *Trichoderma harzianum* (S & Th) con 18 plantas emergidas.

Cuadro 14. Prueba de Tukey al 5% para el número de plántulas de teca emergidas a los 8 días.

Tratamiento	Medias (# de plántulas)	N	Rango
R & Th	39	4	A
R	33	4	AB
Th	29	4	A B
T	28	4	AB
SD	25	4	AB
T & Th	24	4	AB
S	18	4	B
S & Th	18	4	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

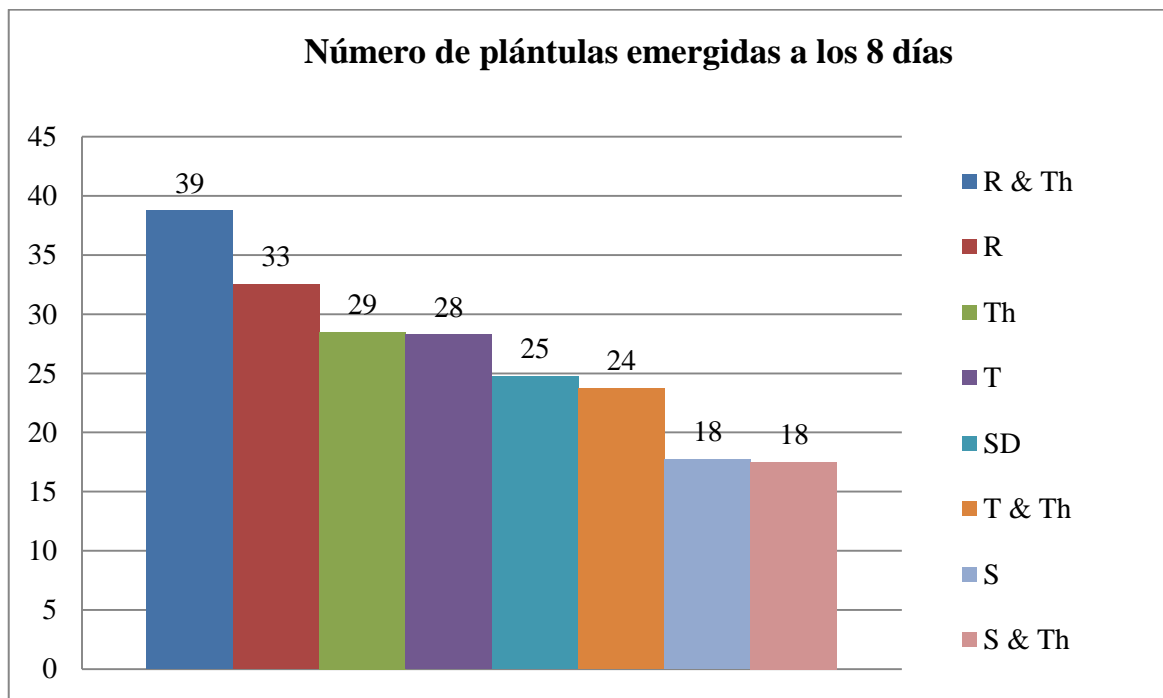


Gráfico 01. Número de plántulas de teca emergidas a los 8 días

b. Número de plántulas emergidas a los 15 días.

Según el análisis de varianza para la variable número de plántulas emergidas a los 15 días (Cuadro 15), se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 15. Análisis de varianza para el número de plántulas de teca emergidas a los 15 días.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1362,47	7	194,64	2,69	0,0333*
Error	1739,25	24	72,47		
Total	3101,72	31			
CV %			16,19		
Media			52,59		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Luego de la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la número de plántulas emergidas a los 15 días (Cuadro 16) para los tratamientos de desinfección del sustrato, se observa 2 rangos; en el rango “A” están los tratamientos Terraclor (T) y Retostado & *Trichoderma Harzianum* (R &Th) que son los mejores con una media de 60 y 59 plantas emergidas, mientras que en el rango B está el tratamiento Solarización + *Trichoderma harzianum* (S &Th) con una media de 39 plantas emergidas y es el tratamiento con el menor número de plantas emergidas.

Cuadro 16. Prueba de Tukey al 5% para el número de plántulas de teca emergidas a los 15 días.

Tratamiento	Medias (# de plántulas)	Rango
T	60	A
R &Th	59	A
R	58	AB
T &Th	56	AB
SD	51	AB
S	49	AB
Th	49	AB
S & Th	39	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

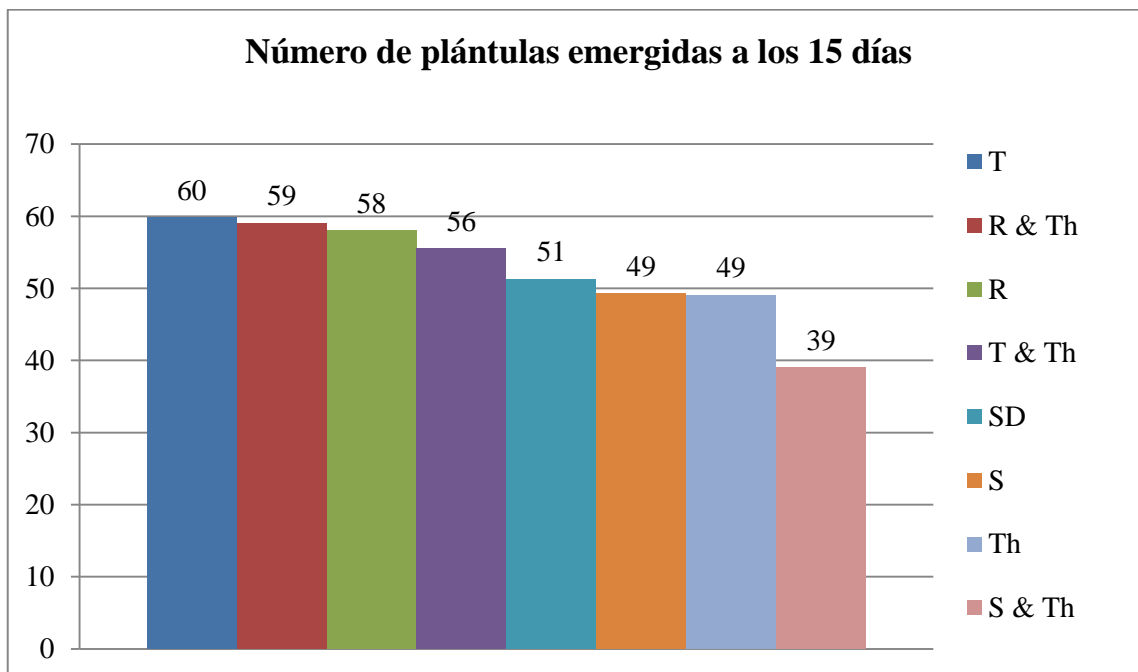


Gráfico 02. Número de plántulas emergidas de teca a los 15 días

c. Número de plántulas emergidas a los 21 días.

Según el análisis de varianza para la variable número de plántulas emergidas a los 21 días (Cuadro 17), no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 17. Análisis de varianza para el número de plántulas de teca emergidas a los 21 días.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	1255,22	7	179,32	1,94	0,1071 ns
Error	2218,75	24	92,45		
Total	3473,97	31			
CV %			16,17		
Media			59,47		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

d. Número de plantas emergidas a los 30 días.

Según el análisis de varianza para la variable número de plantas emergidas a los 30 días (Cuadro 18), no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 18. Análisis de varianza para el número de plántulas de teca emergidas a los 30 días.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamiento	1186,47	7	169,50	2,16	0,0753 ns
Error	1881,75	24	78,41		
Total	3068,22	31			
CV %			14,32		
Media			61,84		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Cuadro 19. Resumen de los cuadrados medios para las variables número de plántulas emergidas.

Tratamientos	GI	Plántulas emergidas							
		8 días		15 días		21 días		30 días	
Total	31								
Tratamientos	7	199,27	**	194,64	*	179,32	Ns	169,50	Ns
Error	24	56,04		72,47		92,45		78,41	
CV %		28,18		16,19		16,17		14,32	
Media		26,56		52,59		59,47		61,84	

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Cuadro 20. Resumen de las medias para las variable número de plántulas emergidas.

Tratamientos	Número de plántulas emergidas							
	8 días		15 días		21 días		30 días	
S	18	B	49	AB	56	A	57	A
S & Th	18	B	39	B	47	A	50	A
T	28	AB	60	A	70	A	72	A
T & Th	24	AB	56	AB	63	A	67	A
R	33	AB	58	AB	62	A	65	A
R & Th	39	A	59	A	64	A	67	A
Th	29	AB	49	AB	56	A	59	A
SD	25	AB	51	AB	59	A	62	A

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Según el cuadro 19, la variable emergenciade plántulas a los 8 días entre los diferentes tratamientos de desinfección de sustrato presenta diferencias altamente significativas, luego a los 15 días presentan diferencias significativas, mientras que a los 21 y 30 días no existen diferencias.

Para el número de plántulas emergidas a los 30 días (Cuadro 20) los valores más bajos se registran para el sustrato desinfectado mediante Solarización (S) y Solarización & *Trichoderma harzianum* (S & Th), con valores de 50 y 57 plántulas emergidas. El mayor número de plántulas emergidas se registra para los tratamientos Retostado & *Trichoderma harzianum* (R & Th) y Terraclor (T) con un total de plantas emergidas de 67 y 72 respectivamente.

Solano, M y Brenes, D. 2011 evaluaron el efecto de diferentes tratamientos (vitavax, orthocide, solarización y testigo), sobre porciones de suelo inoculado con *Fusarium spp*, en la etapa de germinación de cedro dulce (*Cedrela tonduzii*), el tratamiento que obtuvo un mayor promedio de individuos emergidos fue el de solarización; lo manifestado anteriormente

difiere de los resultados obtenidos en la presente investigación donde los tratamientos Solarización (S) y Solarización & *Trichoderma harzianum* (S & Th) obtuvieron las medias más bajas de emergencia de plantas, siendo superados por los tratamientos: Terraclor (T), Terraclor & *Trichoderma harzianum* (T & Th), Retostado (R), Retostado & *Trichoderma harzianum* (R & Th), *Trichoderma harzianum* (Th) e incluso superados por el tratamiento testigo sin desinfección (SD).

De un total de 1536 frutosemergieron 1997 plántulas de teca. A los 8 días emergió el 42 % (847 plántulas), a los 15 días el 84 % (1683 plántulas), a los 21 días el 95 % (1903 plántulas), a los 30 días 99 % (1979 plántulas), a los 45 días el 100 % (1997 plántulas). Lo anterior concuerda con lo manifestado por el CATIE, 2003 (Cuadro 06) donde el tiempo de germinación de las semillas escarificadas de teca es de 6 a 20 días.

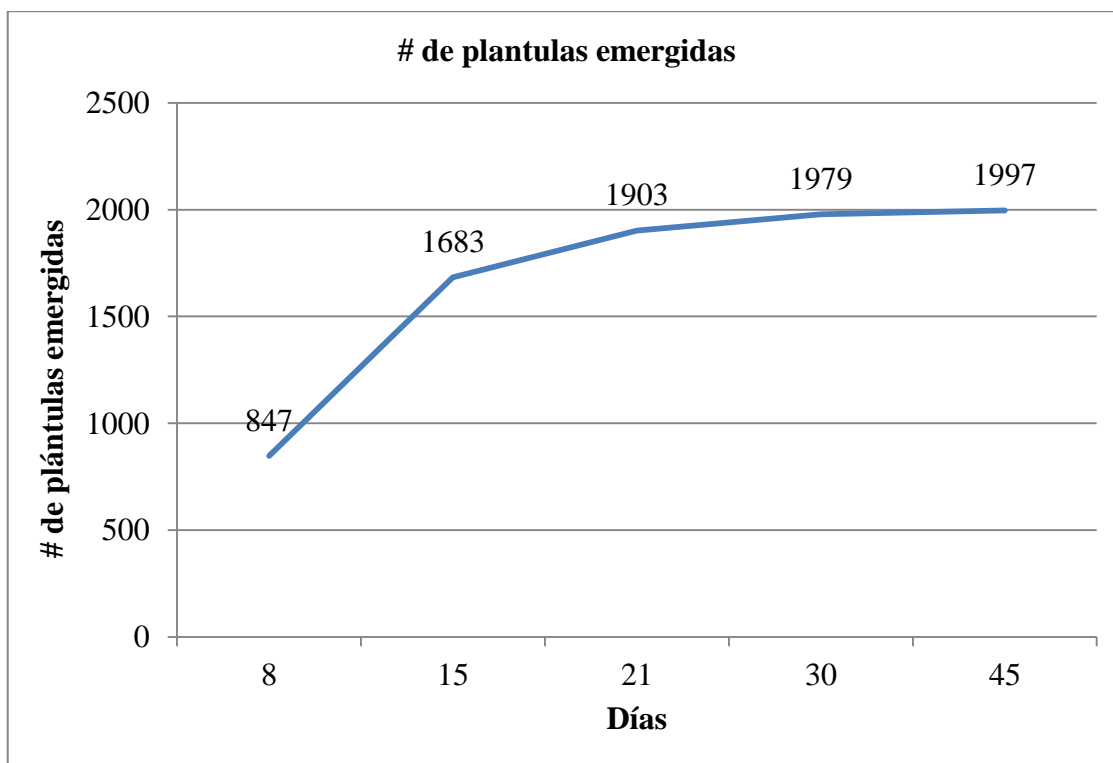


Gráfico 03. Curva de emergencia de plántulas de *Tectona grandis*

2. Porcentaje de incidencia de Damping-off

a. Porcentaje de incidencia de Damping-off a los 15 días.

Según el análisis de varianza para la variable porcentaje de incidencia de Damping-off a los 15 días (Cuadro 21), se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 21. Análisis de varianza para el porcentaje de incidencia de Damping-off a los 15 días.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	3,97	7	0,57	8,27	<0,0001 **
Error	1,65	24	0,07		
Total	5,62	31			
CV %			23,11		
Media			1,13		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Luego de la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la variable porcentaje de incidencia de Damping-off a los 15 días (Cuadro 22) para los tratamientos de desinfección del sustrato, se observa 2 rangos; en el rango “B” se ubican los 7 tratamientos de desinfección del sustrato: Solarización (S), Solarización & *Trichoderma harzianum* (S &Th), Terraclor (T), Terraclor & *Trichoderma harzianum* (T &Th), Retostado (R), Retostado & *Trichoderma harzianum* (R Th) y *Trichoderma harzianum* (Th) donde el porcentaje de incidencia de Damping-off fue 1%. El tratamiento testigo sin desinfección (SD) se ubicó en el rango “A” y presentó incidencia de Damping off con un valor de 2,07%.

Cuadro 22. Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de incidencia de Damping-off a los 15 días.

Tratamiento	Medias (% de incidencia de Damping-off)	Rango
SD	2,07	A
T & Th	1	B
S & Th	1	B
R	1	B
R & Th	1	B
S	1	B
T	1	B
Th	1	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

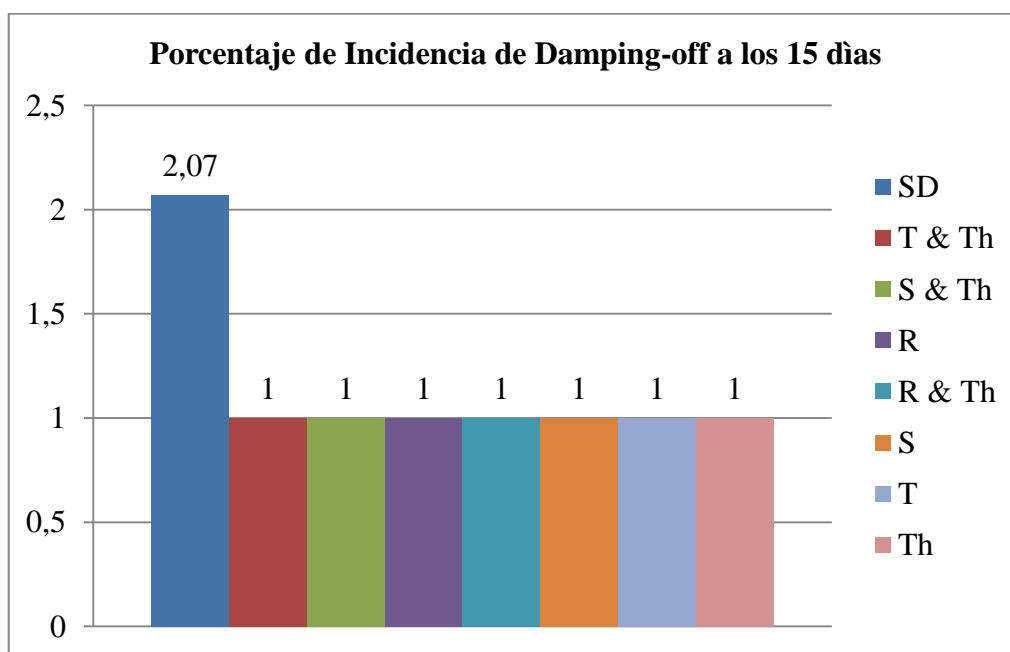


Gráfico 04. Porcentaje de incidencia de Damping-off a los 15 días

b. Porcentaje de incidencia de Damping-off a los 21 días.

Según el análisis de varianza para la variable porcentaje de incidencia de Damping-off a los 30 días (Cuadro 23), no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 23. Análisis de varianza para el porcentaje de incidencia de la enfermedad a los 21 días.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5,25	7	0,75	8,79	<0,0001**
Error	2,05	24	0,09		
Total	7,3	31			
CV %			25,33		
Media			1,15		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Luego de la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la variable porcentaje de incidencia de Damping-off a los 21 días (Cuadro 24) para los tratamientos de desinfección del sustrato, se observa 2 rangos; en el rango “B” se ubican los 7 tratamientos de desinfección del sustrato: Solarización (S), Solarización & *Trichoderma harzianum* (S &Th), Terraclor (T), Terraclor & *Trichoderma harzianum* (T &Th), Retostado (R), Retostado & *Trichoderma harzianum* (R Th) y *Trichoderma harzianum* (Th) donde el porcentaje de incidencia de Damping-off fue 1%. El tratamiento testigo sin desinfección (SD) se ubicó en el rango “A” y presentó incidencia de Damping off con un valor de 2,23%.

Cuadro 24. Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de incidencia de Damping-off a los 21 días.

Tratamiento	Medias (% de incidencia de Damping-off)	Rango
SD	2,23	A
T & Th	1	B
S & Th	1	B
R	1	B
R & Th	1	B
S	1	B
T	1	B
Th	1	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

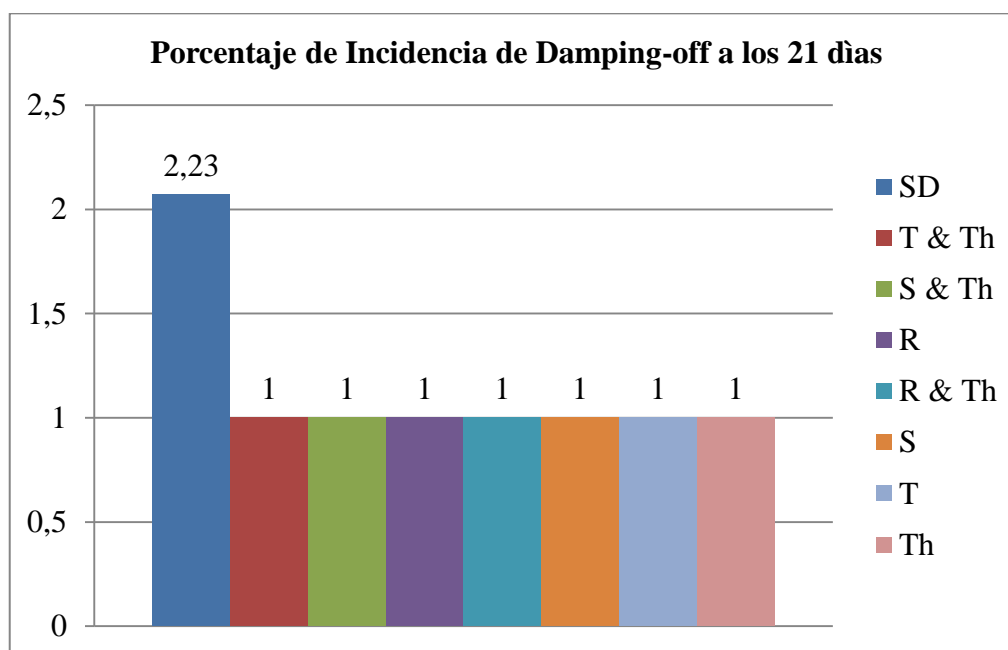


Gráfico 05. Porcentaje de incidencia de Damping-off a los 21 días

Cuadro 25. Resumen de los cuadrados medios para la variable porcentaje de incidencia de Damping-off.

Tratamientos	gl	Incidencia de la Enfermedad			
		15 días		21 días	
Total	31				
Tratamientos	7	0,57	**	0,75	**
Error	24	0,07		0,09	
CV %		23,11		25,33	
Media		1,13		1,15	

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Cuadro 26. Resumen de medias para la variable porcentaje de incidencia de Damping-off.

Tratamientos	% Inc. D-o (15 días)		% Inc. D-o (21 días)	
S	1	B	1	A
S & Th	1	B	1	A
T	1	B	1	A
T & Th	1	B	1	A
R	1	B	1	A
R & Th	1	B	1	A
Th	1	B	1	A
SD	2,07	A	2,23	A

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

El porcentaje de incidencia de Damping-off (Cuadro 26) fue nula en los sustratos desinfectados mediante: Solarización (S), Solarización & *Trichoderma harzianum* (S & Th), Terraclor (T), Terraclor & *Trichoderma harzianum* (T & Th), Retostado (R), Retostado & *Trichoderma harzianum* (R & Th) y *Trichoderma harzianum* (Th); solo el sustrato sin desinfección correspondiente al tratamiento testigo (SD) presentó Damping-off en un mínimo porcentaje del 2,07 % a los 15 días y del 2,23 % a los 21 días, a los 30 días las plántulas afectadas terminaron por volcarse. A los 45 días las plantas ya no presentaron la enfermedad.

Probablemente la nula incidencia de la enfermedad se deba a que los hongos que producen el complejo se encuentre en mínimas cantidades en el sustrato utilizado (tierra amarilla 60% +cascarilla de arroz 40%), pues en el sustrato sin desinfección (T8) se presenta una incidencia muy baja de apenas 2,23 %. Otras posibles explicaciones pudieran serse la buena calidad de la semilla, un adecuado control de humedad, sombra, fertilización que no facilitaron las condiciones necesarias para el desarrollo de los hongos causantes del Damping-off.

Solano, M y Brenes, D. 2011 evaluaron el efecto de diferentes tratamientos (vitavax, orthocide, solarización y testigo), sobre porciones de suelo inoculado con *Fusarium spp*, en la etapa de germinación de cedro dulce (*Cedrela tonduzii*); en la investigación estadísticamente los tratamientos químicos vitavax y orthocide así como el tratamiento físico de solarización, no presentaron diferencias significativas en el control del hongo *Fusarium*, mientras que el testigo mostró diferencias significativas. A diferencia de la investigación mencionada anteriormente en la presente investigación la incidencia de Damping-off fue nula en los sustratos desinfectados por los diferentes tratamientos químicos, físicos y biológicos; solo el tratamiento testigo presentó incidencia de Damping-off en un valor muy bajo (2,23 %) que según la prueba de Tukey al 5% a los 30 días no presenta diferencias significativas con el resto de tratamientos.

La solarización del sustrato resultó efectiva para el control de Damping-off en plántulas de teca, también Mansoori y Jaliani (1996) indican que los propágulos de los hongos *Phytophthora drechleri*, *Fusarium solani* y *Pythium aphanidermatum* se redujeron o se eliminaron totalmente a profundidades comprendidas entre 0 y 25 cm en suelos que permanecieron solarizados durante 30-60 días.

El control biológico mediante el uso de *Trichoderma harzianum* al igual que esta investigación ha sido demostrado en varias investigaciones como por ejemplo: Rincón et al. 2006 sostiene que *Trichoderma harzianum* controla *Rhizoctonia solani* en cultivo de tabaco, Trillas et al. 2006 indica que en cultivo de tomate *Trichoderma harzianum* controla *Fusarium oxysporum*

y *Rhizoctonia solani*. También Porras *et, al* 2006 indica que el uso de *Trichoderma harzianum* +solarización controló los hongos *Collectotrichum* y *Phytophthora cactorum* en cultivo de fresa.

En la presente investigación no hubo incidencia de la enfermedad probablemente debido a un buen contenido de calcio en las plantas que pudo evitar que los hongos del complejo Damping-off deterioren la pared celular, investigaciones demostraron que un nivel suficiente de calcio puede reducir significativamente la actividad de estas enzimas y proteger las células de la planta de invasión de patógenos.

B. EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE TECA (*Tectona grandis* Linn F) BAJO INVERNADERO.

1. Altura y diámetro de plantas

a. Altura de plantas a los 30 días.

Según el análisis de varianza para la variable altura de plantas a los 30 días (Cuadro 27), se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 27. Análisis de varianza para la altura de plantas de teca a los 30 días.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamiento	5,34	7	0,76	9,89	<0,0001**

Error	1,85	24	0,08		
Total	7,20	31			
CV %			6,52		
Media			4,26		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Luego de la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la variable altura de plantas a los 30 días (Cuadro 28) para los tratamientos de desinfección del sustrato, se observa 5 rangos; en el rango A se ubicaron los tratamientos Retostado (R) y Retostado & *Trichoderma harzianum* (R & Th) que fueron los mejores tratamientos con una media de 4,8 cm y 4,9 cm respectivamente; mientras que en el rango C se ubicaron los tratamientos *Trichoderma harzianum* (T7), Testigo (T8) y Solarización (T1) con 4.13 cm, 3.75 cm y 3.70 cm respectivamente y son los tratamientos con las medias más bajas de altura de plantas.

Cuadro 28. Prueba de Tukey al 5% para la altura de plantas a los 30 días.

Tratamiento	Medias (cm)	Rango
R & Th	4,93	A
R	4,8	AB
T	4,3	ABC
S & Th	4,3	ABC
T & Th	4,18	BC
Th	4,13	C
SD	3,75	C
S	3,7	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

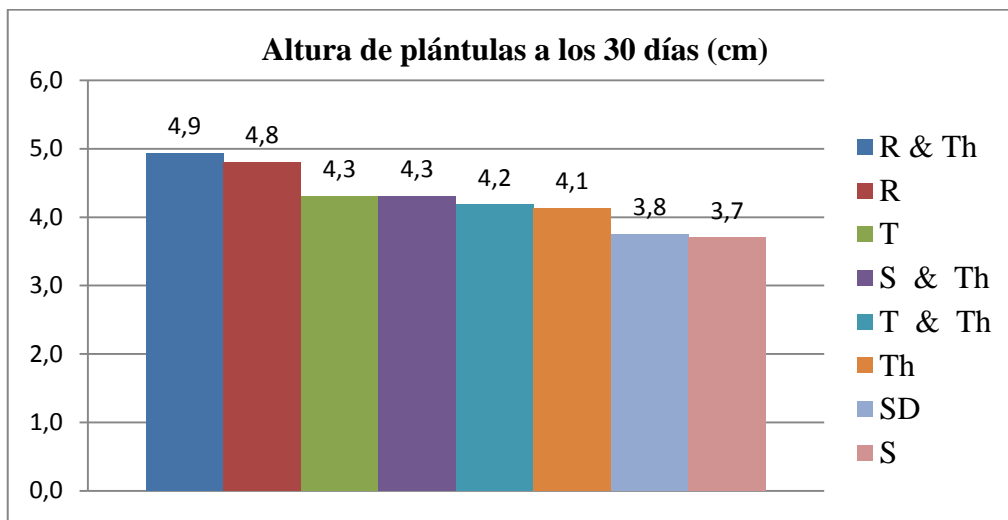


Gráfico 06. Altura de plantas de teca a los 30 días.

b. Altura de plantas a los 60 días.

Según el análisis de varianza para la variable altura de plantas a los 60 días (Cuadro 29), se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 29. Análisis de varianza para la altura de plantas a los 60 días.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	4,38	7	0,63	2,57	0,0398 *
Error	5,84	24	0,24		
Total	10,22	31			
CV %			7,46		
Media			6,62		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Luego de la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la variable altura de plantas a los 60 días (Cuadro 30) para los tratamientos de desinfección del sustrato, se observa 3rangos; el tratamiento Retostado & *Trichoderma harzianum* (R &Th) presentó la media más alta con 7.1

cm de altura ubicándose en el rango A, mientras que el tratamiento Testigo (SD) presentó la media más baja con 6,1 cm ubicándose en el rango B.

Cuadro 30. Prueba de Tukey al 5% para la altura de plantas a los 60 días.

Tratamiento	Medias (cm)	Rango
R & Th	7,1	A
R	6,93	AB
S & Th	6,9	AB
T	6,88	AB
S	6,63	AB
T & Th	6,25	AB
Th	6,15	AB
SD	6,1	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

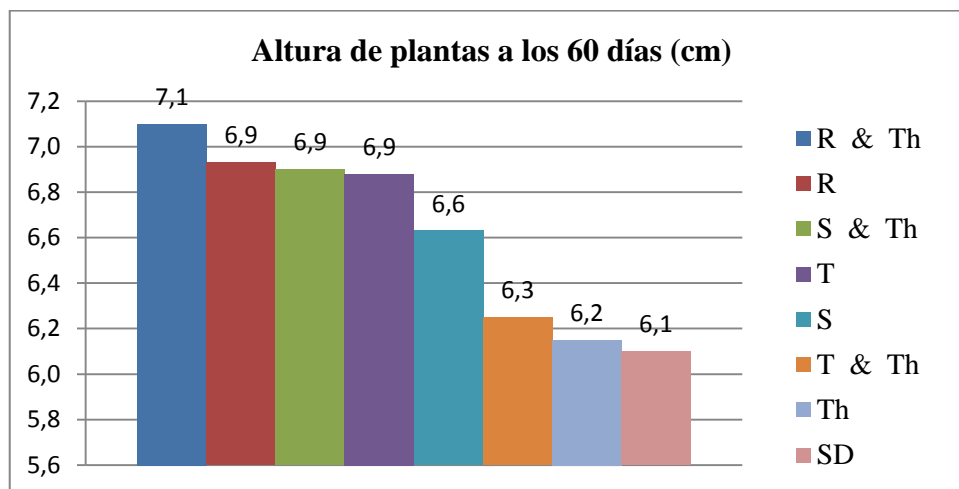


Gráfico 07. Altura de plantas de teca a los 60 días.

c. Altura de plantas a los 90 días.

Según el análisis de varianza para la variable altura de plantas a los 90 días (Cuadro 31), se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 31. Análisis de varianza para la altura de plantas a los 90 días.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,22	7	0,6	5,86	0,0005
Tratamiento	4,22	7	0,6	5,86	0,0005 **
Error	2,47	24	0,1		
Total	6,7	31			
CV %			3,17		
Media			10,14		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Luego de la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la variable altura de plantas a los 90 días (Cuadro 32) para los tratamientos de desinfección del sustrato, se observa 5 rangos; el tratamiento Retostado & *Trichoderma harzianum* (R & Th) presentó la media más alta con 10,8 cm de altura, mientras que el tratamiento Testigo (SD) presentó la media más baja con 9,6 cm.

Cuadro 32. Prueba de Tukey al 5% para la altura de plantas a los 90 días.

Tratamiento	Medias (cm)	Rango
R & Th	10,8	A
R	10,5	AB
S & Th	10,3	ABC
T	10,2	ABC
S	10,1	ABC
Th	9,9	BC
T & Th	9,9	BC
SD	9,6	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

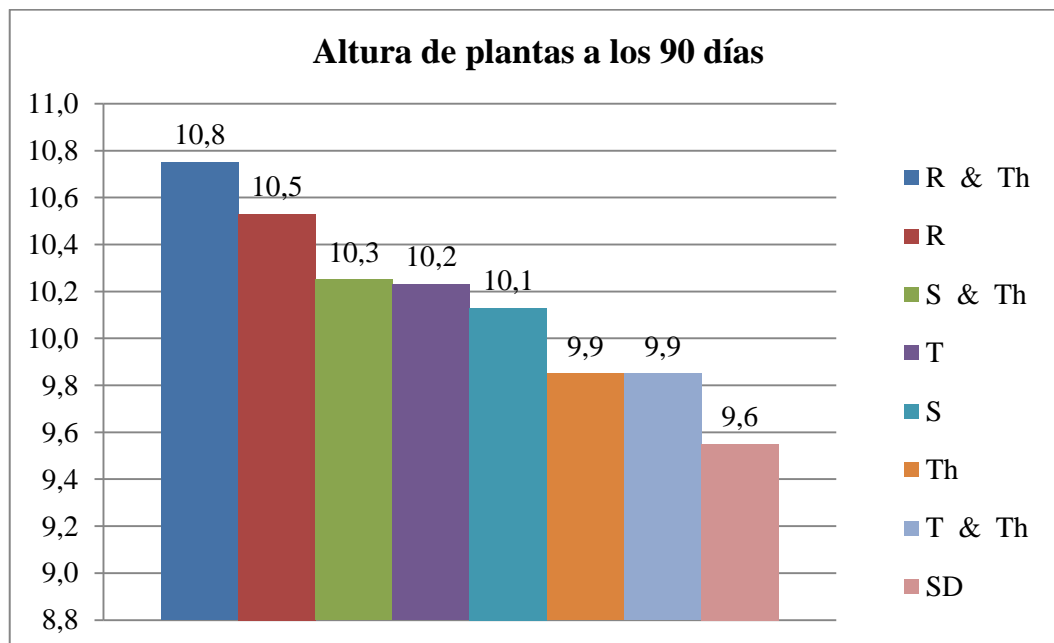


Gráfico 08. Altura de plantas de teca a los 90 días.

d. Diámetro a los 60 días

Según el análisis de varianza para la variable diámetro de plantas a los 60 días (Cuadro 33), no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 33. Análisis de varianza para la variable diámetro de plantas a los 60 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,95	7	0,14	2,25	0,0651 ns
Error	1,45	24	0,06		
Total	2,4	31			
CV %			10,6		
Media			2,37		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

e. Diámetro a los 90 días

Según el análisis de varianza para la variable diámetro de plantas a los 90 días (Cuadro 34), no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 34. Análisis de varianza para la variable diámetro de plantas a los 90 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,77	7	0,11	2,15	0,077 ns
Error	1,22	24	0,05		
Total	1,99	31			
CV %			5,73		
Media			3,95		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Cuadro 35. Resumen de los cuadrados medio para las variables altura y diámetro de plantas

Tratamientos	gl	Altura de la planta			Diámetro del tallo			
		30 días	60 días	90 días	60 días		90 días	
Total	31							
Tratamientos	7	0,76 **	0,63 *	0,60 **	0,13	ns	0,10	Ns
Error	24	0,08	0,24	0,10	0,06		0,05	
CV %		6,52	7,46	3,17	10,60		5,73	
Media		4,26	6,62	10,14	2,37		3,95	

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Cuadro 36. Resumen de las medias para las variables altura y diámetro de plantas

Tratamientos	Altura a los 30 días (cm)	Altura a los 60 días (cm)	Altura a los 90 días (cm)	diámetro a los 30 días		diámetro a los 60 días	
S	3,70 C	6,63 AB	10,13 ABC	2,50	A	3,75	A
S & Th	4,30 ABC	6,90 AB	10,25 ABC	2,28	A	3,93	A
T	4,30 ABC	6,88 AB	10,23 ABC	2,30	A	4,10	A
T & Th	4,18 BC	6,25 AB	9,85 BC	2,18	A	4,05	A
R	4,80 AB	6,93 AB	10,53 AB	2,60	A	4,13	A
R & Th	4,93 A	7,10 A	10,75 A	2,63	A	4,03	A
Th	4,13 C	6,15 AB	9,85 BC	2,33	A	3,93	A
SD	3,75 C	6,10 B	9,55 C	2,18	A	3,70	A

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

La mayor altura de plántulas de teca a los 30 días (Cuadro 36) se obtuvo con el sustrato desinfectado mediante el Retostado (R) y Retostado & *Trichoderma harzianum* (R&Th), con 4,8 cm y 4,9 cm respectivamente; los valores más bajos de altura se registran para los tratamientos Solarización (S) y Testigo (SD) con 3,7 cm y 3,8 cm respectivamente. Luego a los 60 días el rango de altura es más estrecho entre los tratamientos pero se sigue destacando en mayor altura de plantas el sustrato desinfectado mediante Retostado & *Trichoderma harzianum* (R &Th) con 7,1 cm; seguido por el sustrato desinfectado mediante Terraclor (T), Solarización & *Trichoderma harzianum* (S &Th) y Retostado (R) todos con una altura de 6,9 cm; la menor altura se registra para los tratamientos *Trichoderma harzianum* (Th) y Testigo (SD), donde la altura es de 6,2 y 6,1 cm respectivamente. Finalmente a los 90 se mantiene la tendencia, los tratamientos Retostado (R) y Retostado & *Trichoderma harzianum* (R &Th) con las mayores alturas de 10,5 cm y 10,8 cm, y los tratamientos *Trichoderma harzianum* (Th) y Testigo (SD) con los valores más bajos de 9,9 cm y 9,6 cm.

Los tratamientos donde se utilizó calor: Retostado (R) y Retostado & *Trichoderma harzianum* (R & Th) estimularon un mayor crecimiento de las plantas (Cuadro 36). Esta mayor altura pudiera deberse a que el calor eliminó todo tipo de fitopatógenos, lo que posiblemente no se logró realizar con el resto de métodos de desinfección del sustrato. Quizá

Trichoderma harzianum estuvo compitiendo con la micobiota natural presente en el sustrato, hongos competidores pudieron ser: *Aspergillus oryzae*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium italicum*, *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinérea*, *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*, *Botrytis cinérea*, *Paecilomyces variotti*, *Rhizopus spp.*, *Phoma spp.*, *Cladosporium herbarum*, etc. La competencia con otros hongos posiblemente sería la razón por la que *Trichoderma* posiblemente no se estimuló un mayor incremento en la altura de plantas.

Según el análisis de varianza y prueba de Tukey al 5% de significancia para la altura de plantas de teca a los 30, 60 y 90 días para los diferentes tratamientos de desinfección del sustrato presentan diferencias significativas. Sobresalen los tratamientos de Retostado (R) y Retostado & *Trichoderma harzianum* (R & Th) que superan a los tratamientos Solarización (S) Solarización & *Trichoderma harzianum* (S & Th) y *Trichoderma harzianum* (Th). Es bien conocido y documentado que la solarización y *Trichoderma harzianum* inducen el mayor crecimiento de plantas, son muchos los mecanismos que podrían ser responsables de este fenómeno, incluyendo la liberación de minerales en el suelo, la estimulación de microorganismos beneficiosos y el control de patógenos “menores” (Katan, 1981). Gamliel y Katan (1993) atribuyen esta respuesta a varios factores químicos, físicos y bióticos, al observar importantes cambios en la actividad microbiana durante y tras la solarización, indicando que los propios microorganismos del suelo juegan un papel crucial en el fenómeno del incremento del crecimiento. Acerca del aumento de minerales solubles tras solarizar, Stapleton *et al.* (1983) indica que tras un tratamiento de 6 semanas (con temperaturas entre 44 y 46 °C y profundidad de 15 cm) se incrementaron los niveles de NO_3^- y de NH_4^+ , fósforo, magnesio, calcio. Katan (1981) indica que también se incrementa la cantidad de potasio K^+ (junto a NO_3^- , NH_4^+ y Ca^{2+}), así como de materiales orgánicos en todos aquellos suelos calentados de forma solar. (Cenis, 1991; Katan, 1981; Stapleton, 2000) indican que tras la solarización del mismo modo en que tiene lugar un incremento de crecimiento de las plantas,

por razones contrarias a este podría producirse una disminución del mismo. En esta investigación posiblemente la solarización y *Trichoderma harzianum* mediante los mecanismos mencionados anteriormente produjeran un aumento de los minerales solubles y al aplicar fertilización (fertilizante foliar completo 1 vez por semana y fosfato mono-amónico una vez por mes) se haya producido un exceso de los nutrientes disponibles para las plantas que si bien no afectó en gran medida el crecimiento, tampoco estimuló un mayor crecimiento.

La cantidad y calidad de la materia orgánica son críticas para la supervivencia y eficacia de los agentes de biocontrol (Hoitink y Boehm, 1999). Un aspecto de importancia al introducir un agente de control biológico al suelo es que para que éste pueda establecerse necesita encontrar un “nicho ecológico” que no esté ocupado (Rodríguez-Kábana, 1998) y/o introducirse en cantidades muy altas para poder competir con los organismos autóctonos. El desarrollo tanto del patógeno y de los agentes de control biológico en la filósfera está determinado por varios factores abióticos como la disponibilidad de nutrientes, temperatura, humedad, radiaciones UV y la deposición de agroquímicos en la superficie foliar. Con lo mencionado anteriormente pudiera ser que en la presente investigación el sustrato desinfectado mediante *Trichoderma harzianum* no estimuló un mayor crecimiento de plantas debido que el hongo benéfico tuvo gran competencia con otros microorganismos autóctonos (*Aspergillus spp*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium spp*, *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinérea*, *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*, *Botrytis cinérea*, *Paecilomyces variotti*, *Rhizopus spp.*, etc) presentes en el sustrato y que de hecho debieron estar presentes debido a la gran cantidad de materia orgánica, esto fue según el análisis del sustrato 14,5 %. Lo contrario pudo suceder en el tratamiento Retostado & *Trichoderma harzianum* donde al desinfectar el sustrato mediante el Retostado murieron todos los microorganismos autóctonos y al inocular *Trichoderma* tuvo un nicho ecológico libre para su desarrollo y en consecuencia si estimuló el crecimiento de las plantas, fue en este tratamiento donde las plantas alcanzaron los mayores tamaños (10,8 cm a los 90 días).

Las quemaduras efectuadas en el corregimiento de un andisol en la provincia de Santa Elena no produjeron deterioro en las propiedades físicas del suelo, quien notó un aumento en el

porcentaje de materia orgánica inmediatamente después de la quema del andisol, la cual disminuyó con el tiempo (Ramírez, R. 2005). También Correa, 1987 afirma sobre cambios en la estabilidad estructural ayudados por la quemas de suelo controladas. Las propiedades físicas del suelo sufren ciertos cambios considerables, especialmente en la capa superior. La densidad aparente del suelo tiende a disminuirse, lo cual puede ser positivo al facilitar la penetración de raíces, especialmente para plantaciones forestales (González, 1987). Por otro lado, el pH del suelo sufre un ligero y progresivo aumento, ligado a la disponibilidad inmediata de cationes en la ceniza (Mils, 2007). La CIC (capacidad de intercambio catiónico) decrece cuando ocurre una quema, debido a la degradación de coloides orgánicos e inorgánicos, de tal manera, la CIC total permanecerá baja durante al menos un año después de la quema. En ese aspecto, es necesario señalar que, como consecuencia de la liberación de Ca, Mg, K y Na, la saturación de bases aumentará, e igualmente la conductividad eléctrica. Se define el fenómeno llamado “Respuesta biótica”, en referencia al rápido aumento de la actividad microbiana que se efectúa inmediatamente después de la quema, como resultado del incremento en el pH y el suministro de cationes y fósforo. Ese aumento repentino de la actividad por parte de los microorganismos da lugar a una consecuente subida en la disponibilidad de nutrientes durante un corto tiempo. Sin embargo, como la materia orgánica ha quedado reducida a cenizas, con el tiempo las poblaciones de microorganismos y su actividad se reducen considerablemente (Martínez y Becerra, 2004). Los resultados de investigaciones mencionados anteriormente podría ser las razones por las cuales en la presente investigación en el sustrato desinfectado mediante Retostado se logra la mayor altura de plantas, superando así a los métodos de Solarización y *Trichoderma harzianum*.

En promedio la altura de plantas a los 30 días (Cuadro 35) fue de 4.3 cm, lo que no concuerda con Sarango, C. (2011), quien evaluó el efecto de sustrato no contaminado en el desarrollo de teca en vivero y manifiesta que la altura promedio de plantas a los 30 días fue de 1,05 cm; la diferencia de altura a los 30 días pudiera deberse al suelo utilizado, pues Sarango trabajo con suelo de la Reserva Natural de la Estación Científica de la Región Amazónica del INIAP, y en la presente investigación se usó sustrato (tierra amarilla 60% + cascarilla de arroz retostada 40%), el suelo en que evalúa Sarango el crecimiento de teca posee un pH fuertemente ácido,

materia orgánica baja, nitrógeno bajo y fósforo medio, no especifica si realizó fertilización. También la diferencia de alturas podría deberse a las condiciones climáticas, pues este ensayo se llevó a cabo bajo invernadero donde las plantas se protegieron de la luz directa del sol, la humedad relativa promedio del ambiente del invernadero promedio fue de 81% y la temperatura de 28 °C, Sarango en su investigación no especifica la protección y manejo de las plántulas.

En promedio la altura de plantas a los 60 días fue de 6,6 cm lo que se acerca a lo manifestado por Sarango, C. (2011), donde la altura de plantas fue de 5,97 cm, la mayor altura de plantas en la presente investigación pudo deberse a la fertilización, en cambio Sarango no indica el uso de fertilización, tampoco debiera descartarse el tipo de siembra realizado pues Sarango siembra teca en fundas donde no se aclara el distanciamiento ni el tamaño de los envases y en la presente investigación se realiza en bandejas de 24 cavidades donde la densidad de plantas es de 6 cm x 6 cm y por tanto tendieron a crecer más en altura al competir por luz. En promedio la altura de plantas a los 90 días fue de 10,2 cm lo que se acerca a lo manifestado por Sarango, C. (2011), donde la altura de plantas fue de 10,63 cm; a los 90 días las plantas de teca se veían robustas, sanas y con altura suficiente para soportar la plantación definitiva.

El diámetro de plantas a los 60 y 90 días (Cuadro 36), fue en promedio 2,4 mm y 4 mm respectivamente, esto difiere un poco con lo manifestado por Sarango, C. (2011), donde el diámetro de plantas a los 60 y 90 días fue superior con 2,9 mm y 5,2 mm. Esto se explicaría debido a que la presente investigación se lleva a cabo bajo invernadero donde las plantas se protegieron de la luz directa del sol, colocando malla sarán al 50 % y la densidad de siembra fue de 6 cm x 6 cm, lo cual provocaría plantas más grandes en altura y de diámetros menores.

2. Número de hojas y calidad de las plantas.

a. Número de hojas a los 30 días.

Según el análisis de varianza para la variable número de hojas a los 30 días (Cuadro 37), se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 37. Análisis de varianza para el número de hojas a los 30 días.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,29	7	0,04	6,3	0,0003 **
Error	0,16	24	0,01		
Total	0,44	31			
CV %			2,06		
Media			3,90		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

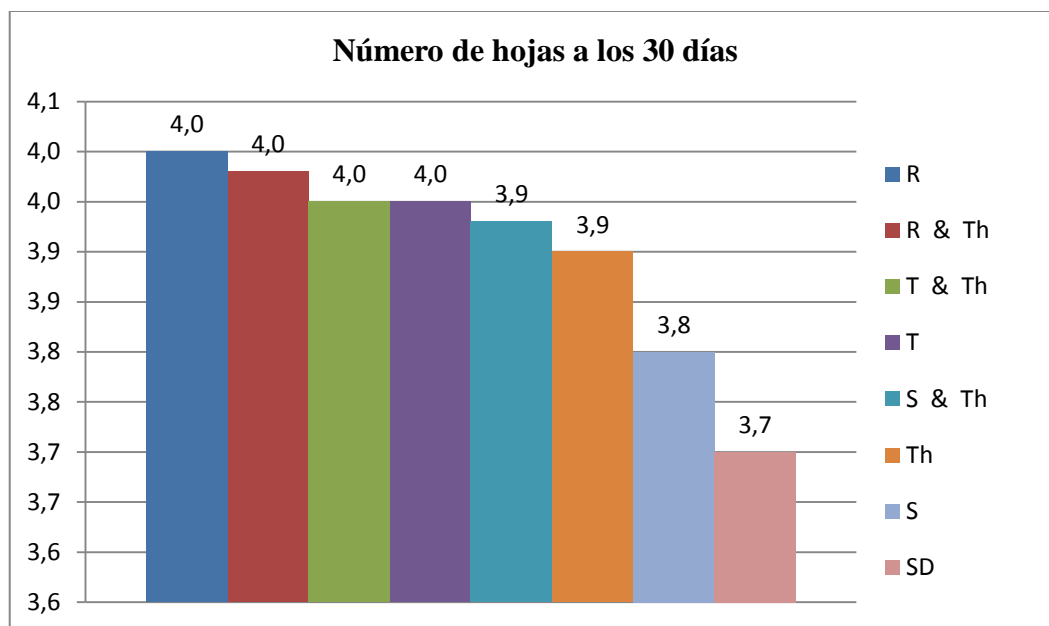
Luego de la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la variable número de hojas a los 30 días (Cuadro 38) para los tratamientos de desinfección del sustrato, se observan 4 rangos; los tratamientos Retostado (R), Retostado & *Trichoderma harzianum* (R & Th) y Terraclor & *Trichoderma harzianum* (T & Th) presentaron la media más alta con 4 hojas ubicándose en el rango A, mientras que el tratamiento Testigo (T8) presentó la media más baja con 3,7 hojas, ubicándose en el rango C.

Cuadro 38. Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas a los 30 días.

Tratamiento	Medias (# de hojas)	
R	4,00	A
R & Th	3,98	AB
T & Th	3,95	AB
T	3,95	AB
S & Th	3,93	AB
Th	3,90	AB
S	3,80	BC
SD	3,70	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

**Gráfico 09.** Número de hojas en plantas de teca a los 30 días

b. Número de hojas a los 60 días.

Según el análisis de varianza para la variable número de hojas a los 60 días (Cuadro 39), no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 39. Análisis de varianza para el número de hojas a los 60 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,8	7	0,11	2,22	0,069 ns
Error	1,23	24	0,05		
Total	2,03	31			
CV %			3,97		
Media			5,70		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

c. Número de hojas a los 90 días.

Según el análisis de varianza para la variable número de hojas a los 90 días (Cuadro 40), no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 40. Análisis de varianza para el número de hojas a los 90 días.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,32	7	0,05	1,57	0,191 ns
Error	0,71	24	0,03		
Total	1,03	31			
CV %			2,23		
Media			7,67		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

d. Porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 30 días.

Según el análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 30 días (Cuadro 41), se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 41. Análisis de varianza para el porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 30 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	367,72	7	52,53	5,51	<0,0007**
Error	228,75	24	9,53		
Total	596,47	31			
CV %			3,13		
Media			98,72		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Luego de la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la variable porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 30 días. (Cuadro 42) para los tratamientos de desinfección del sustrato, se observa 2 rangos; en el rango B se ubica el tratamiento Testigo (SD) quien presentó 89,75 % de plantas de calidad 1 y 2, mientras que el resto de tratamientos se ubican en el rango A, con el 100 % de plantas de calidad 1 y 2.

Cuadro 42. Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de plantas de calidad “1 y 2” a los 30 días.

Tratamiento	Medias (%)	Rango
T	100	A
T & Th	100	A
Th	100	A
S & Th	100	A
R	100	A
R & Th	100	A
S	100	A
SD	89,75	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

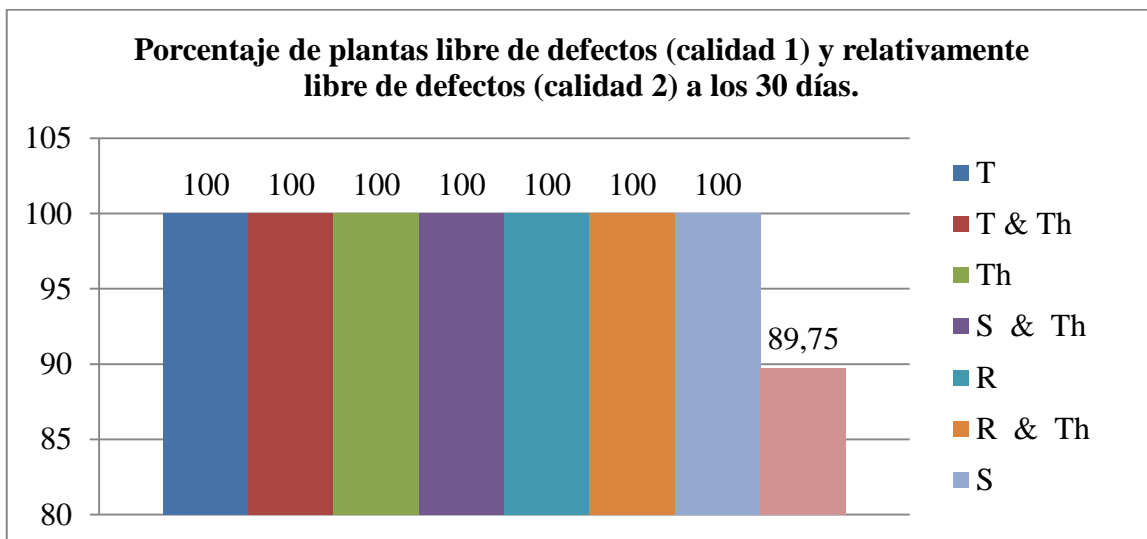


Gráfico 10. Porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 30 días.

e. Porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 60 días.

Según el análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 60 días (Cuadro 43) se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato.

Cuadro 43. Análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 60 días

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	648,38	7	92,63	6,12	0,0004 **
Error	363,5	24	15,15		
Total	1011,88	31			
CV %			3,97		
Media			98,06		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Luego de la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la variable porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 60 días (Cuadro 44) para los tratamientos de desinfección del sustrato, se observa 2 rangos; en el rango B se ubicó el tratamiento Testigo (SD) con 86, 25%, el resto de tratamientos se ubicaron en el rango A con más del 98% de plantas de calidad 1 y 2.

Cuadro 44.Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 60 días

Tratamiento	Medias (%)	Rango
T	100	A
T & Th	100	A
Th	100	A
S & Th	100	A
R	100	A
R & Th	100	A
S	98,25	A
SD	86,25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

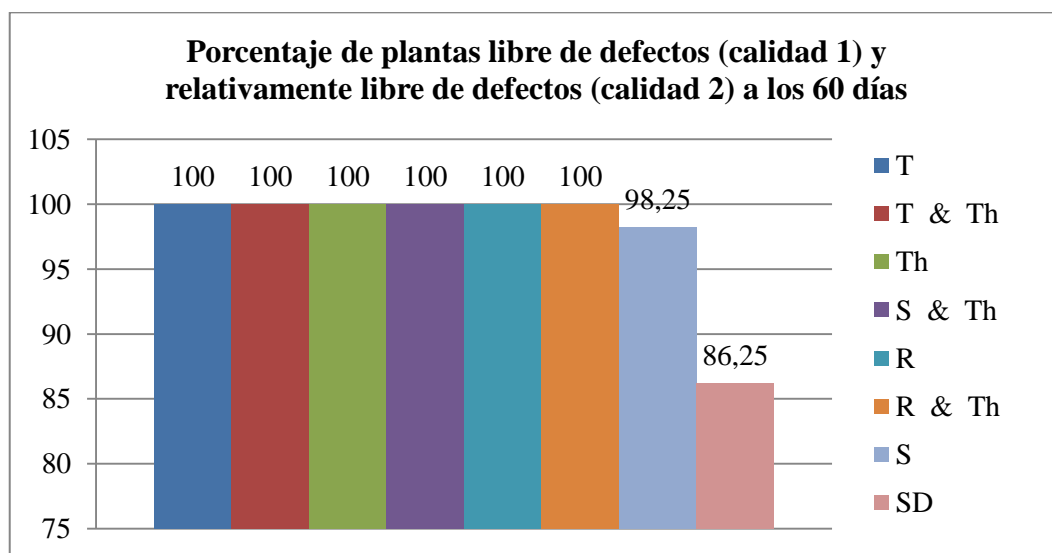


Gráfico 11.Porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 60 días

f. Porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 90 días.

Según el análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 90 días (Cuadro 45), se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos de desinfección del sustrato

Cuadro 45. Análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 90 días

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamiento	562,97	7	80,42	4,44	0,0027 **
Error	434,75	24	18,11		
Total	997,72	31			
CV %			4,41		
Media			96,4		

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Luego de la prueba de Tukey al 5 % de significancia para la variable porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 90 días (Cuadro 46) para los tratamientos de desinfección del sustrato, se observa 3 rangos; en el rango A se ubica el tratamiento Retostado (R) y Retostado & *Trichoderma harzianum* (T & Th) con el 100 % de plantas de calidad 1 y 2, en el rango B se ubicó el tratamiento Testigo (SD) con el menor porcentaje de plantas de calidad 1 y 2, esto fue 86,25%.

Cuadro 46. Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 90 días

Tratamiento	Medias (%)	Rango
R & Th	100	A
R	100	A
T & Th	99	A
S	98	A
T	97	A
S & Th	96	AB
Th	95	AB
SD	86,25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

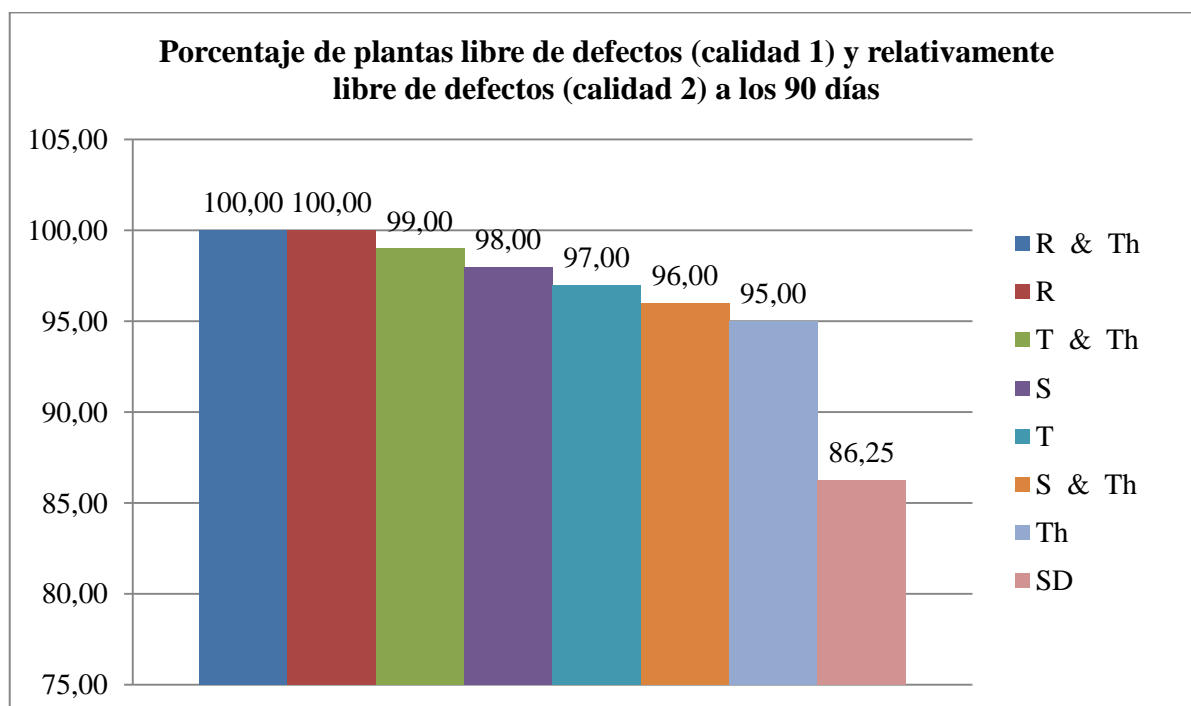


Gráfico 12. Porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) a los 90 días

Cuadro 47. Resumen de los cuadrados medios para las variables número de hojas y porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2).

Tratamientos	gl	Número de hojas			Porcentaje de plantas calidad 1 y 2								
		30 días		60 días		90 días		30 días		60 días		90 días	
Total	31												
Tratamientos	7	0,04	**	0,11	ns	0,05	ns	52,53	**	92,63	**	80,42	**
Error	24	0,02		0,05		0,03		9,53		15,15		18,11	
CV %		2,06		3,97		2,23		3,13		3,97		4,41	
Media		3,9		5,7		7,67		98,72		98,06		96,4	

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Cuadro 48. Resumen de las medias para las variables número de hojas y porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2).

	Número de hojas						Plantas de calidad 1 (%)					
Tratamientos	30 días		60 días		90 días		30 días		60 días		90 días	
S	3,80	BC	5,75	A	7,70	A	100	A	98,25	A	98	A
S & Th	3,93	AB	5,80	A	7,75	A	100	A	100	A	96	AB
T	3,95	AB	5,83	A	7,70	A	100	A	100	A	97	A
T & Th	3,95	AB	5,73	A	7,70	A	100	A	100	A	99	A
R	4,00	A	5,85	A	7,75	A	100	A	100	A	100	A
R & Th	3,98	AB	5,80	A	7,75	A	100	A	100	A	100	A
Th	3,90	AB	5,43	A	7,53	A	100	A	100	A	95	AB
SD	3,70	C	5,45	A	7,48	A	89,75	B	78	B	86,25	B

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Cuadro 49. Tabla para la interpretación de calidad de plantas.

Calidad	Descripción
1	Plántula completamente, libre de defectos.
2	Plántula relativamente libre de defectos, con problemas fitosanitarios menor al 50% del follaje.
3	Plántula de mala calidad que no debe ir al campo.

Fuente: Murillo, O. 2004

El número de hojas a los 30 días para los tratamientos de desinfección de sustrato presenta diferencias altamente significativas (Cuadro 47); el tratamiento Retostado (R) presentó el mayor número de hojas esto fue 4 hojas y el tratamiento testigo (SD) el menor número de hojas esto fue 3,7 hojas respectivamente (Cuadro 48). A los 60 y 90 días no existen diferencias significativas, destaca el tratamiento Retostado (R) con la media más alta de 5,9 hojas y los tratamientos con menor número de hojas fueron *Trichoderma harzianum* (Th) y Testigo (SD) con 5.43 hojas y 5.45 hojas respectivamente (Cuadro 48).

El promedio el número de hojas a los 30, 60 y 90 días de efectuada la siembra fue 3.9 hojas, 5.7 hojas y 7.7 hojas respectivamente. El número de hojas difiere de lo manifestado por Sarango, C. (2011), quien evaluó el efecto de suelo no contaminado en el crecimiento de teca en vivero donde las plantas a los 30 días tuvieron 2 hojas, a los 60 días 3.8 hojas y a los 90 días 5.9 hojas. La diferencia podría deberse a la utilización de diversas variedades de la especie *Tectona grandis*, también a que en la presente investigación se realizó fertilización que pudo estimular la aparición de más hojas y al contrario Sarango, no especifica el manejo realizado a las plantas.

En promedio porcentaje de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) consideradas plantas deseables para despacharse a la plantación definitiva; a los 30, 60 y 90 días (Cuadro 47) fue de 99 %, 98 % y 96 % respectivamente. En el cuadro 48 se observa que el menor porcentaje de plantas de calidad 1 y calidad 2 se registra

para el tratamiento testigo sin desinfección (SD) con 90 %, 78 % y 86% a los 30, 60 y 90 días respectivamente.

Según Sarango, C. 2011 la calidad de plantas de teca a los 30 días en una escala del 1 al 10 es de 8, a los 60 días se reduce a 3 y a los 90 días la calidad es de 5. La posible razón sería que no se utilizó fertilización, protección adecuada de rayos solares, riego, etc., por lo que se afectó la calidad de plántulas lo que difiere de la presente investigación donde la buena calidad de la semilla, la casi nula aparición del complejo Damping-off, el buen manejo de fertilización y demás cuidados dio como resultado la buena calidad de plantas.

Murillo, O (2004), propone de manera preliminar, que un vivero forestal debe presentar menos del 10 % de plántulas de calidad 3. Sin embargo conforme avancen los programas de mejoramiento genético y silvicultural, se espera que los viveros forestales registren menos del 5 % de plántulas de calidad 3 o de rechazo. En la presente investigación las plantas de calidad 3 representan apenas el 4%, esto puede deberse al uso de semilla certificada y a la calidad del manejo del material en el invernadero.

VI. CONCLUSIONES

A. No hubo incidencia de la enfermedad Damping-off en los sustratos desinfectados mediante los diferentes tratamientos, físicos, químicos, biológicos y sus combinaciones; sólo el sustrato sin desinfección (tratamiento testigo) presentó incidencia de la enfermedad en un porcentaje bajo de 2,23 % a los 21 días.

B. El 75% y 69,7% de plántulas emergidas se obtuvo en el sustrato desinfectado con Terraclor y Retostado & *Trichoderma harzianum* respectivamente.

La mayor altura de plantas se presentó en el sustrato desinfectado mediante Retostado & *Trichoderma harzianum* donde las plantas alcanzaron en promedio 10,2 cm a los 90 días luego de la siembra.

Al final de la investigación se obtuvo un 96% de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2) aptas para el trasplante a la plantación definitiva de acuerdo con la tabla calidad de planta y sus categorías propuesta por Murillo, O. 2004

La desinfección del sustrato mediante los diversos tratamientos no influyó en el número de hojas en plantas de teca, pues esta es una característica genética de la especie.

VII. RECOMENDACIONES

A. Utilizar cualquiera de las técnicas físicas, químicas, biológicas y las posibles combinaciones mencionadas en esta investigación (Solarización (T1), Solarización &*Trichoderma harzianum* (T2), Terraclor (T3), Terraclor &*Trichoderma harzianum* (T4), Retostado (T5), Retostado &*Trichoderma harzianum* (T6), *Trichoderma harzianum* (T7)) pues resultan eficaces para controlar Damping-off en germinación y emergencia de plántulas de teca. Sin embargo se recomienda utilizar aquellos métodos de desinfección que generen el menor impacto ambiental y menor riesgo para el trabajador.

B. Replicar el presente trabajo de investigación sin la utilización de vitavax para desinfección de los frutos y semillas.

C. Realizar un manejo adecuado de otros factores como riego, protección de sombra y fertilización para obtener plantas de calidad en vivero.

D. Realizar el estudio mediante pruebas de laboratorio del efecto de solarización y *Trichoderma harzianum* en las propiedades químicas y físicas del sustrato empleado: Tierra amarilla (60%)+ cascarilla de arroz retostada (40%)

E. Realizar estudios sobre identificación de microorganismos existentes en el sustrato Tierra amarilla+ cascarilla de arroz retostada, que pudiesen competir con *Trichoderma harzianum*.

- F. Evaluar la disminución o aumento de agentes benéficos presentes en el sustrato tierra amarilla+ cascarilla de arroz retostada antes y tras el proceso de solarización.
- G. Investigar el efecto de la fertilización en la composición química en sustratos desinfectados mediante solarización y *Trichoderma harzianum*.
- H. Investigar el efecto de riego, control de sombra y temperatura en la incidencia de Damping-off en plantas de teca.
- I. Realizar el análisis físico-químico de sustratos antes y después de la desinfección por los métodos empleados en la presente investigación para establecer cómo afectan o mejoran las propiedades físicas y químicas después de la desinfección.

VIII. RESUMEN

En la presente investigación se evaluó métodos de desinfección de sustrato para el control de la enfermedad Damping-off en semillero de Teca (*Tectona grandis* Linn F.), bajo invernadero en la empresa SERAGROFOREST, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas. Los objetivos fueron determinar el tratamiento con mayor eficacia en la desinfección del sustrato para el control del complejo Damping-off en semillero de teca y evaluar el crecimiento de plantas de teca bajo invernadero. Se utilizó un diseño completo al azar (DCA) con 8 tratamientos y 4 repeticiones, los tratamientos fueron: solarización, solarización & *Trichoderma harzianum*, terraclor, terraclor & *Trichoderma harzianum*, retostado, retostado & *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma harzianum* y testigo (sin desinfección), tratamientos para la desinfección del sustrato cascarilla de arroz(60%) + tierra amarilla(40%). Como resultados, no hubo incidencia de la enfermedad Damping-off en los sustratos desinfectados mediante los diferentes tratamientos, físicos, químicos, biológicos y sus combinaciones; sólo el sustrato sin desinfección (tratamiento testigo) presentó incidencia de la enfermedad en un porcentaje bajo de 2,23 % a los 21 días. Los tratamientos con mayor porcentaje de plántulas emergidas fueron Terraclor y Retostado & *Trichoderma harzianum* con el 75% y 69,7% respectivamente. En crecimiento en altura se destacó el tratamiento Retostado & *Trichoderma harzianum* con plantas de 10,2 cm a los 90 días. En promedio de todos los tratamientos se obtuvo el 96% de plantas libre de defectos (calidad 1) y relativamente libre de defectos (calidad 2), siendo aptas para soportar la plantación definitiva. La desinfección del sustrato mediante los diversos tratamientos no influyó en el número de hojas en plantas de teca, pues esta es una característica genética de la especie.



IX. ABTRACT

The following research conducted an evaluation of methods of substrate for controlling the Damping - off of the hotbed of teak (*Tectona grandis* Linn F.), in the plantation of the company SERAGROFOREST, located at Santo Domingo de los Tsáchilas province, besides a complete randomized design was developed (DCA), through 8 treatments and four replications such as: solarization, solarization *Trichoderma harzianum*, terrachlor, terrachlor and *Trichoderma harzianum*, tostado, retostado and *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma harzianum* and control without disinfection. On the other hand, it was made treatments for disinfection of rice husk at about 60% with yellow earth at about 40% giving as results the lack of the Damping - off disease in the disinfected substrates through different physical and chemical treatments and their combinations, even down the substrate without disinfection (control treatment) presented incidence of the disease in a low percentage at about 2,23 % after a period of 21 days. The treatments with higher percentage of seedlings emerged were the following: Terrachlor retostado and *Trichoderma harzianum* at about 75 and 69% respectively, besides the height growth was noticed at retostado and *Trichoderma harzianum* with plants of 10, 2 cm after 90 days, noticing an average of all treatments in plants did not present defects in a percentage of 96% with quality 1 and quality 2 relatively, being adequate to support the final planting. Finally, it could notice that there were not incidences of damping - off in the disinfected substrates because of different treatments. Therefore it recommends using the physical, chemical, biological techniques and possible combinations done in this research and being the most effective in controlling the Damping - off, the Solarization T1 and *Trichoderma harzianum* T2, Terrachlor T3, besides the *Trichoderma harzianum* T4, Retostado T5, Retostado and *Trichoderma harzianum* T6, and *Trichoderma harzianum* T7.



X. BIBLIOGRAFÍA

1. Elorza, P. et al. Evaluación de cinco tratamientos fitosanitarios en la producción de plántulas de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn) en etapa de semillero. México-Veracruz. Revista Científica UDO Agrícola, ISSN-E 1317-9152, Vol. 4, N°. 1, 2004
2. Fonseca, W. 2004. Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L. f) en Costa Rica. Heredia-Costa Rica. Pp 27,28,29
3. Guilcapi, E. 2009. “Efecto de *Thichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, en la producción de plantas de cafre (*Coffea arabica*) variedad caturra a nivel de vivero. Tesis de grado. ESPOCH – Ingeniería Agronómica. Pp 30-36.
4. Ledesma, G. 2010. Evaluación de tres tratamientos pregerminativos con cuatro tipos de sustrato para la propagación de pumamaqui (*Oreopanax ecuadorensis* Kunt.) Tesis de grado. ESPOCH – Ingeniería Forestal. Pp 25.
5. Livas, D. 2007. Efecto de enzimas líticas producidas por *Trichoderma harzianum* CINV17 durante el micoparasitismo sobre hongos fitopatógenos. Tesis de grado. Instituto Tecnológico de Veracruz - Ingeniería Bioquímica. Pg 3-18.
6. Machín, T. 1991. Plagas y Enfermedades Forestales en América Central. CATIE. Turrialba-Costa Rica. Pp 205-219.
7. Navarro, S. 2006. Producción de hortalizas bajo invernadero. Sinaloa-México. Pg 17-23.

8. Rodavero, J. 2003. Eliminación del uso de bromuro de metilo en la fumigación de suelos en el Perú. Editorial Gráfica Sttefany S.R.Lda. Lima-Perú. Pg 51-70.
9. Solano, M. 2011. Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Costa Rica) Volumen 9, n°22, Junio, 2012 ISSN: 2215-2504.
10. Zanón, M. 2009. Tesis doctoral: efecto de la biofumigación y biosolarización en el control de agentes fitopatógenos. Valencia- España.
11. Cardoso, R. et, al. 1985. Influencia del pH y nutrición de calcio en la incidencia mancha-vascular del café causada por *Fusarium oxysporum*.Brasil. [web en línea]. <>.http://www.piuri.ferupv.es/varios/nutricion/Temas/.htm. Consultado: 16-09-2013].
12. Germinación de semillas. [web en línea].
<>.http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm. [Consultado: 13-09-2012].
13. Los sustratos. 2003. [web en línea]. <>.
http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm. [Consultado: 20-09-2012] .
14. Manejo de semillas de 25 especies forestales en Nicaragua. [web en línea].
<>.http://inafor.gob.ni/..Manejo de Semillas de 25 Especies Forestales en Nicaragua.pdf. [Consultado: 15-09-2013] .
15. Ruiz, O. 2000. Tesis de ingeniería. Evaluación de siete tratamientos para el control del mal de talluelo, en *Pinus caribea*. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Honduras-Siguatopeque.

16. Terraclor. [web en línea].

<>.http://www.ecuaquimica.com.ec/pdf_semillas/pdf_agricola/TERRACLOR.pdf. [Consultado: 20-11-2012].

17. Tipos de sustrato en cultivo. [web en línea].

<>.http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos2.htm.
[consultado: 18-09-2012].

18. Vinueza, M. 2012. Ecuador Forestal. [web en línea]. <>.http://ecuadorforestal.org.

[consultado: 05-08-2012]

XI. ANEXOS

Anexo 1. Número de plántulas emergidas a los 8 días

Tratamiento	Repetición				Suma	Media
	1	2	3	4		
S	16,0	19,0	20,0	19,0	74,0	18,5
S & Th	15,0	21,0	16,0	18,0	70,0	17,5
T	23,0	36,0	27,0	27,0	113,0	28,3
T & Th	21,0	14,0	31,0	29,0	95,0	23,8
R	24,0	27,0	49,0	30,0	130,0	32,5
R & Th	53,0	40,0	28,0	34,0	155,0	38,8
Th	42,0	20,0	29,0	23,0	114,0	28,5
SD	28,0	21,0	23,0	27,0	99,0	24,8
	Promedio					

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 2. Número de plántulas emergidas a los 15 días

Tratamiento	Repetición				Suma	Media
	1	2	3	4		
S	41,0	56,0	55,0	45,0	197,0	49,3
S & Th	34,0	41,0	39,0	42,0	156,0	39,0
T	52,0	63,0	63,0	61,0	239,0	59,8
T & Th	51,0	45,0	66,0	60,0	222,0	55,5
R	48,0	52,0	76,0	56,0	232,0	58,0
R & Th	70,0	62,0	48,0	56,0	236,0	59,0
Th	64,0	45,0	42,0	45,0	196,0	49,0
SD	60,0	42,0	51,0	52,0	205,0	51,3
	Promedio					

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 3. Número de plántulas emergidas a los 21 días

Tratamiento	Repetición				Suma	Media
	1	2	3	4		
S	47,0	63,0	63,0	49,0	222,0	55,5
S & Th	40,0	48,0	47,0	54,0	189,0	47,3
T	62,0	73,0	75,0	68,0	278,0	69,5
T & Th	60,0	47,0	79,0	65,0	251,0	62,8
R	49,0	55,0	81,0	64,0	249,0	62,3
R & Th	75,0	65,0	53,0	62,0	255,0	63,8
Th	70,0	52,0	50,0	53,0	225,0	56,3
SD	68,0	49,0	59,0	58,0	234,0	58,5
Promedio						

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 4. Número de plantas emergidas a los 30 días

Tratamiento	Repetición				Suma	Media
	1	2	3	4		
S	50,0	66,0	64,0	49,0	229,0	57,3
S & Th	46,0	51,0	47,0	57,0	201,0	50,3
T	63,0	75,0	78,0	71,0	287,0	71,8
T & Th	63,0	48,0	80,0	65,0	256,0	64,0
R	52,0	57,0	81,0	68,0	258,0	64,5
R & Th	76,0	67,0	59,0	64,0	266,0	66,5
Th	70,0	56,0	56,0	53,0	235,0	58,8
SD	69,0	55,0	61,0	62,0	247,0	61,8
Promedio						

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 5. Porcentaje de incidencia de Damping-off a los 15 días

Tratamiento	Repetición				Suma	Media
	1	2	3	4		
S	1	1	1	1	4	1
S & Th	1	1	1	1	4	1
T	1	1	1	1	4	1
T & Th	1	1	1	1	4	1
R	1	1	1	1	4	1
R & Th	1	1	1	1	4	1
Th	1	1	1	1	4	1
SD	2,7	2,3	1	2,3	8,3	2,07
	Promedio					

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 6. Porcentaje de incidencia de Damping-off a los 21 días

Tratamiento	Repetición				Suma	Media
	1	2	3	4		
S	1	1	1	1	4	1
S & Th	1	1	1	1	4	1
T	1	1	1	1	4	1
T & Th	1	1	1	1	4	1
R	1	1	1	1	4	1
R & Th	1	1	1	1	4	1
Th	1	1	1	1	4	1
SD	2,9	2,6	1	2,3	8,8	2,23
	Promedio					

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 7. Altura de la planta a los 30 días (cm)

Tratamiento	Repeticiones				Suma	Media
	I	II	III	IV		
S	3,8	3,7	3,7	3,6	14,8	3,7
S & Th	4,3	4,2	4,4	4,3	17,3	4,3
T	4,3	3,7	4,5	4,7	17,1	4,3
T & Th	3,9	4,0	4,5	4,3	16,8	4,2
R	4,8	4,4	5,0	5,0	19,2	4,8
R & Th	5,0	5,1	4,6	5,0	19,7	4,9
Th	4,6	3,6	4,2	4,1	16,5	4,1
SD	3,5	3,8	3,7	4,0	15,0	3,8
	Promedio					4,3

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 8. Altura de la planta a los 60 días (cm)

Tratamiento	Repeticiones				Suma	Media
	I	II	III	IV		
S	6,70	7,01	6,65	6,22	26,58	6,64
S & Th	6,99	6,73	7,02	6,88	27,62	6,90
T	6,78	6,73	6,31	7,75	27,57	6,89
T & Th	5,85	6,08	6,75	6,29	24,97	6,24
R	6,90	6,68	6,88	7,16	27,62	6,91
R & Th	7,97	7,15	6,32	6,96	28,39	7,10
Th	7,08	5,27	6,17	5,97	24,49	6,12
SD	6,63	6,48	5,68	5,59	24,38	6,10
	Promedio					6,61

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 9. Altura de la planta a los 90 días (cm)

Tratamiento	Repeticiones				Suma	Media
	I	II	III	IV		
S	10,70	9,80	10,20	9,80	40,50	10,13
S & Th	10,10	10,30	10,10	10,50	41,00	10,25
T	9,80	10,60	10,30	10,20	40,90	10,23
T & Th	10,20	9,50	10,10	9,60	39,40	9,85
R	11,00	10,50	10,10	10,50	42,10	10,53
R & Th	10,80	11,10	10,70	10,40	43,00	10,75
Th	9,80	10,00	9,70	9,90	39,40	9,85
SD	9,30	9,70	10,00	9,20	38,20	9,55
	Promedio					10,14

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 10. Diámetro de la planta a los 60 días (mm)

Tratamiento	Repeticiones				Suma	Media
	I	II	III	IV		
S	2,6	2,8	2,6	2,0	10,0	2,5
S & Th	2,2	2,3	2,2	2,4	9,1	2,3
T	2,2	2,1	2,4	2,5	9,2	2,3
T & Th	2,0	2,2	2,3	2,2	8,7	2,2
R	2,5	2,7	2,8	2,4	10,4	2,6
R & Th	2,9	3,1	2,2	2,3	10,5	2,6
Th	2,2	2,0	2,5	2,6	9,3	2,3
SD	2,3	2,3	2,1	2,0	8,7	2,2
	Promedio					2,4

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 11. Diámetro de la planta a los 90 días (mm)

Tratamiento	Repeticiones				Suma	Media
	I	II	III	IV		
S	3,8	3,9	3,4	3,9	15,0	3,8
S & Th	3,8	3,9	3,8	4,2	15,7	3,9
T	4,1	4,0	3,8	4,5	16,4	4,1
T & Th	4,1	3,9	4,1	4,1	16,2	4,1
R	4,2	4,2	4,1	4,0	16,5	4,1
R & Th	4,3	4,1	3,8	3,9	16,1	4,0
Th	4,1	4,2	4,0	3,4	15,7	3,9
SD	3,8	3,5	3,6	3,9	14,8	3,7
	Promedio					4,0

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 12. Número de hojas a los 30 días

Tratamiento	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
S	3,9	3,6	3,8	3,9	3,8
S & Th	3,9	4,0	3,9	3,9	3,9
T	4,0	3,9	3,9	4,0	4,0
T & Th	4,0	3,9	4,0	3,9	4,0
R	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
R & Th	4,0	3,9	4,0	4,0	4,0
Th	4,0	3,8	3,9	3,9	3,9
SD	3,6	3,6	3,8	3,8	3,7
	Promedio				3,9

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 13. Número de hojas a los 60 días

Tratamiento	Repeticiones				
	I	II	III	IV	Media
S	5,6	5,8	5,8	5,8	5,8
S + Th	5,9	5,8	5,6	5,9	5,8
T	5,9	5,9	5,7	5,8	5,8
T + Th	5,9	5,5	5,8	5,7	5,7
R	5,8	5,7	6,0	5,9	5,9
R+Th	6,1	5,8	5,6	5,7	5,8
Th	5,7	4,8	5,7	5,5	5,4
SD	5,8	5,6	5,3	5,1	5,5
	Promedio				5,7

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 14. Número de hojas a los 90 días

Tratamiento	Repeticiones				
	I	II	III	IV	Media
S	7,6	7,7	7,8	7,7	7,7
S + Th	7,9	7,7	7,6	7,8	7,8
T	7,9	7,6	7,6	7,7	7,7
T + Th	7,8	7,5	7,8	7,7	7,7
R	7,7	7,6	7,9	7,8	7,8
R+Th	8,0	7,8	7,5	7,7	7,8
Th	7,6	7,3	7,6	7,6	7,5
SD	7,8	7,6	7,4	7,1	7,5
	Promedio				7,7

Elaborado por: AGUIRRE, N. 20

Anexo 15. Porcentaje de plantas de calidad 1 y 2 a los 30 días

Tratamiento	Repeticiones				
	I	II	III	IV	Media
S	100	100	100	100	100,00
S + Th	100	100	100	100	100,00
T	100	100	100	100	100,00
T + Th	100	100	100	100	100,00
R	100	100	100	100	100,00
R+Th	100	100	100	100	100,00
Th	100	100	100	100	100,00
SD	88	79	100	92	89,75
	Promedio				98,72

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 16. Porcentaje de plantas de calidad 1 y 2 a los 60 días

Tratamiento	Repeticiones				
	I	II	III	IV	Media
S	100	100	96	97	98,25
S + Th	100	100	100	100	100,00
T	100	100	100	100	100,00
T + Th	100	100	100	100	100,00
R	100	100	100	100	100,00
R+Th	100	100	100	100	100,00
Th	100	100	100	100	100,00
SD	87	71	96	91	86,25
	Promedio				98,06

Elaborado por: AGUIRRE, N. 20

Anexo 17. Porcentaje de plantas de calidad 1 y 2 a los 90 días

Tratamiento	Repeticiones				
	I	II	III	IV	Media
S	100	100	96	96	100,00
S + Th	96	96	100	100	100,00
T	96	96	100	96	99,00
T + Th	96	100	100	100	98,00
R	100	100	100	100	97,00
R+Th	100	100	100	100	96,00
Th	96	96	96	92	95,00
SD	87	71	96	91	86,25
	Promedio				96,41

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

Anexo 18. Tabla para la interpretación de los valores de nitrógeno total, clasificación según el método semi-micro Kjeldahl

Valoración de nitrógeno total			
Textura	Bajo	Medio	Alto
Arcillosa	< 0.080	0.081-0,180	> 0,18
Franco arcilloso	< 0.100	0.101-0.200	> 0,200
Franco	< 0.120	0.121-0.230	> 0,230
Franco arenoso	< 0.140	0.141-0.270	> 0,270
Arenoso	< 0.175	0.176-0.400	> 0,400

Fuente: Bremner, J. 1960

Anexo 19. Tabla para la interpretación de los valores de pH.

Valoración del Ph		
Valor	Interpretación	Observaciones
< 5,5	Muy ácido	Dificultad de desarrollo de la mayoría de cultivos, dificultad de retención de muchos nutrientes
5,5-6,5	Ácido	
6,5-7,5	Neutro	Intervalo óptimo para los cultivos
7,5-8,5	Básico	
> 8,5	Muy básico	Dificultad de desarrollo de la mayoría de cultivos, posible aparición de clorosis férrica

Fuente: Garrido, S. 1994

Anexo 20. Tabla para la interpretación de los valores de materia orgánica oxidable, clasificación según el método Walkey-Black.

Materia Orgánica Oxidable (%)	
Valor	Interpretación
< 0,9	Muy bajo
1,0-1,9	Bajo
2,0-2,5	Normal
2,6-3,5	Alto
> 3,6	Muy alto

Fuente: Rioja A. 2002. Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., Ciudad Real

Anexo 21. Tabla para la interpretación de los valores de potasio (K) asimilable.

Potasio (ppm)	
Valor	Interpretación
Mayor de 400	Altos
de 250 a 300	Ligeramente Alto
de 220 a 250	Normal
de 190 a 220	Ligeramente Bajo
de 125 a 190	Bajo
menor de 125	Muy bajo

Anexo 22. Tabla para la interpretación de los valores de fosforo (P) asimilable, clasificación según el método Olsem.

Fosforo asimilable (ppm)	
Valor	Interpretación
0-6	Muy bajo
6-12	Bajo
12-18	Normal
18-30	Alto
> 30	Muy alto

Fuente: Rioja A. 2002. Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., Ciudad Real

Anexo 23. Tabla para la interpretación de los valores de calcio (Ca) asimilable, clasificación según el método Olsem.

Calcio asimilable (meq/100gr)	
Valor	Interpretación
0-3,5	Muy bajo
3,5-10	Bajo
10-14	Normal
14-20	Alto
> 20	Muy alto

Fuente: Rioja A. 2002. Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., Ciudad Real

Anexo 24. Tabla para la interpretación de los valores de magnesio (Mg) asimilable, clasificación según el método Olsem.

Magnesio asimilable (meq/100gr)	
Valor	Interpretación
0,0-0,6	Muy bajo
0,6-1,5	Bajo
1,5-2,5	Normal
2,5-4,0	Alto
> 4,0	Muy alto

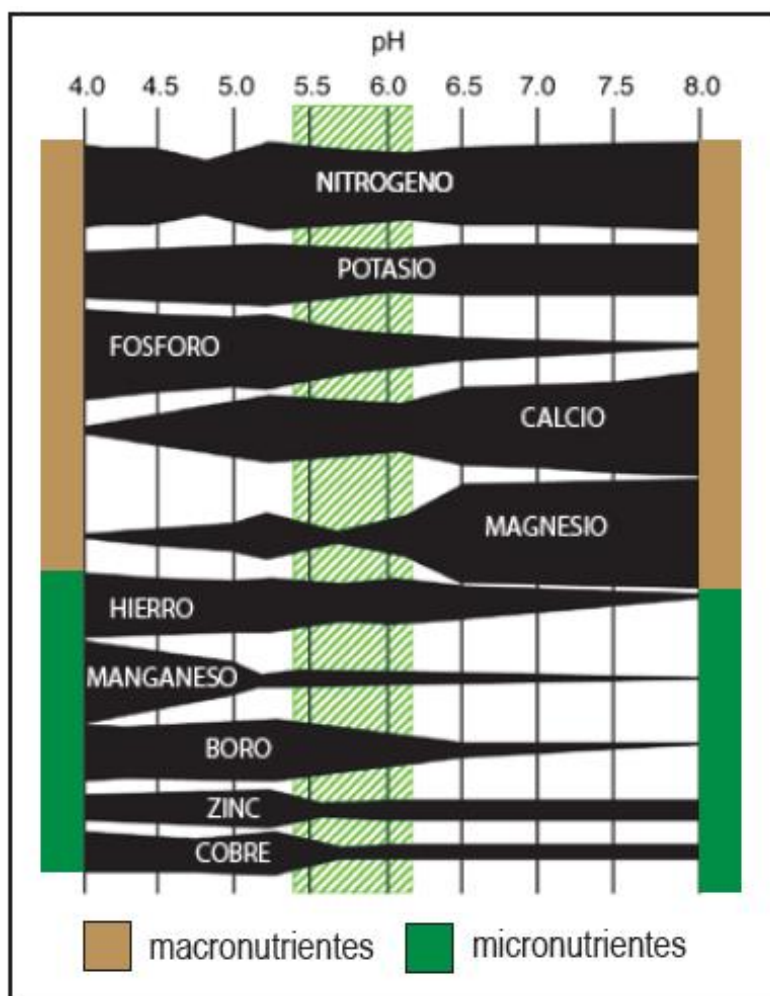
Fuente: Rioja A. 2002. Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., Ciudad Real

Anexo 25. Tabla para la interpretación de la conductividad eléctrica (CE)

Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
Valor	Interpretación
< 500	buen desarrollo
500-1000	aparecen problemas en algunos cultivos
>1000	dificultades en muchos cultivos

Fuente: Garrido, S. 1994.

Anexo 26.Disminución de la cantidad de nutrientes según el pH



El pH de los sustratos afecta la cantidad de nutrientes disponibles a las plantas. El área sombreada representa los niveles recomendados para la mayoría de cultivos bajo invernadero. Fuente: 1, 2, 3's of PourThru (Brian E. Whipker, Todd J. Cavins, and William C. Fonteno; North Carolina State University; 2001).

Anexo 27. Análisis químico del sustrato tierra amarilla 60% + cascarilla de arroz 40%

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 1419
ST: 13- 104 ANÁLISIS DE SUELOS

Nombre Peticionario: RIO VERDE SERAGROFOREST
Atn. NA
Dirección: Moran Valverde OE1-63 Y Av. Pedro Vicente Maldonado

FECHA: 08 de Agosto del 2013
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2013/07/23 09:35
FECHA DE MUESTREO: 2013/04/10 10:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2013/07/23 - 2013/08/08
TIPO DE MUESTRA: Sustrato
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-S 296-13
CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA
PUNTO DE MUESTREO: Santo Domingo de los Tsachilas
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico - Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Norma Aguirre
CONDICIONES AMBIENTALES: T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

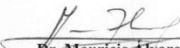
RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Potasio Asimilable	PEE/LABCESTTA/87 Olsem	meq/100g	12,63	-	-
*Fósforo asimilable	PEE/LABCESTTA/86 Olsem	mg/Kg	2,28	-	-
*Calcio Asimilable	PEE/LABCESTTA/87 Olsem	meq/100g	31,55	-	-
*Magnesio Asimilable	PEE/LABCESTTA/87 Olsem	meq/100g	23,46	-	-
*Nitrógeno Total	PEE/LABCESTTA/88 Kjeldahl	%	0,068	-	-
Potencial de Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/24 EPA 9045 D	Unidades de pH	5,59	-	±0,10
*Materia Orgánica	PEE/LABCESTTA/81 Oxidación Húmeda/Walkley & Black	%	14,47	-	-
Conductividad Eléctrica	PEE/LABCESTTA/85 EPA 9045 D	µS/ cm	122,2	-	±5%

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 E INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 ESPOCH


Ing. Marcela Erazo
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

MC01-14

Página 1 de 1
 Edición 1

Anexo 28. Temperatura y humedad relativa en el invernadero.

Hora	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
0:00	26	100
1:00	26	100
2:00	26	100
3:00	28	100
4:00	28	100
5:00	29	100
6:00	29	100
7:00	29	100
8:00	29	91
9:00	29	80
10:00	29	75
11:00	32	66
12:00	34	61
13:00	33	60
14:00	34	60
15:00	32	63
16:00	32	61
17:00	31	61
18:00	26	81
19:00	25	86
20:00	25	91
21:00	25	97
22:00	25	97
23:00	25	98
Promedio	29	85

Elaborado por: AGUIRRE, N. 2013

